ISSN 0181-1568

CRYPTOGAMIE

ALGOLOGIE

TOME 11 Fascicule 3 1990

LABORATOIRE DE CRYPTOGAMIE
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
12, RUE BUFFON, 75005 PARIS



PUBLICATION TRIMESTRIELLE

Août 1990

MANUSCRITS

Les recommandations aux auteurs sont publiées dans le premier fascicule de chaque tome. Les auteurs sont priés d'adresser leurs manuscrits (en trois exemplaires) au Directeur-Rédacteur de *Cryptogamie, Algologie*, Laboratoire de Cryptogamie, Muséum National d'Histoire Naturelle, 12 rue Buffon, 75005 Paris.

Les tirages à part et les illustrations sont à la charge des auteurs.

ABONNEMENTS ANNUELS

CRYPTOGAMIE comprend trois Sections:
Algologie, Bryologie-Lichénologie, Mycologie.

Abonnement à l'une ou l'autre Section pour 1990:
France .... (326 F ht) 332,85 F ttc
Étranger .... 357,00 F

Abonnement aux 3 Sections pour 1990:
France .... (918 F ht) 937,28 F ttc
Étranger .... 1000,00 F

Prière de bien vouloir envoyer le montant par chèque bancaire ou par chèque postal libellé à l'ordre de : A.D.A.C. - CRYPTOGAMIE (CCP La Source 34 764 05 S), et adressé à:

A.D.A.C. - CRYPTOGAMIE
12, rue Buffon, F-75005 Paris.

Cryptogamie, Algologie est indexé par *Aquatic Sciences Fisheries Abstracts Part 1, Biological Abstracts, Chemical Abstracts, Current Contents, Marine Science Contents Tables (F.A.O.)*, Publications bibliographiques du CDST (Pascal).

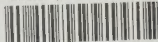
CRYPTOGAMIE
ALGOLOGIE

TOME 11 Fascicule 3 1990

Anciennement REVUE ALGOLOGIQUE
Fondée en 1922 par P. ALLORGE et G. HAMEL
Directeur-Rédacteur : P. BOURRELLY
Éditeur : A.D.A.C.

SOMMAIRE





CRYPTOGAMIE, ALGOLOGIE
Tome 11 Fascicule 3 1990

CONTENTS

REPRODUCTION SEXUÉE CHEZ *ERYTHROTRICHIA CARNEA* (RHODOPHYCEAE, ERYTHROPELTIDALES)

Francis MAGNE

Laboratoire de Biologie Végétale Marine, 7 quai
Saint-Bernard 75252 Paris cedex 05

RÉSUMÉ - L'*Erythrotrichia carnea* (Dillwyn) J. Agardh a été rencontré pour la première fois à l'état d'individus sexués. Sur les parties âgées des thalles se forment des monospores apparemment identiques à celles, couramment observées chez cette espèce, qui sont connues pour redonner directement des thalles semblables aux parents. Dans le matériel (sauvage) observé, ces monospores se sont en fait développées en petits gamétophytes tricellulaires dont la cellule apicale produit une spermatie puis se comporte en carpogone. Après fécondation de celui-ci, le zygote reste en place puis en se cloisonnant devient l'origine d'une file cellulaire implantée sur le gamétophyte et dont les cellules des parties âgées deviennent des monosporocystes. Certaines particularités justifient l'hypothèse d'une méiose lors de la constitution du gamétophyte, et d'un état diploïde du filament producteur de monospores. La discussion porte sur des particularités de la gamétogenèse et de la fécondation, sur le cycle de développement, sur les conditions d'induction de la méiose et sur les implications phylogénétiques des phénomènes observés.

ABSTRACT - A wild sexual population of *Erytrotrichia carnea* (Dilwynn) J. Agardh has been observed for the first time. Typical monospores are produced on old parts of filaments. Each spore develops a tricellular gametophyte, the apical cell of which produces in first a spermatium, then becomes a carpogonium. After fertilization, the zygote stays on and originates a linear series of cells implanted on the gametophyte; in old parts of this filament monospores are produced. According to a suggested hypothesis, meiosis and gametophyte formation should be contemporary, and the adult filament should be diploid; this opinion is supported by observed details. Several topics are discussed: the particularities of gametogenesis and fertilization, the life history, the inducing conditions of meiosis and the phylogenetical implications of these facts.

MOTS CLÉS : gamétogenèse, méiose, cycle de développement, phylogénie, *Erythrotrichia*, Erythropeltidales, Rhodophyceae.

INTRODUCTION

Bien que l'existence d'une reproduction sexuée ait été signalée dès la fin du siècle dernier par Berthold chez *Porphyrostromium obscurum* (Berthold) Kornmann (Berthold, 1882, sous le nom de *Erythrotrichia obscura* Berthold), puis chez *Smithora naiadum* (Anderson) Hollenberg par Knox (1928, sous le nom de *Porphyra naiadum* Smith) et par Hollenberg (1959), la présence d'un tel phénomène, chez des algues rassemblées aujourd'hui dans l'ordre des Erythropeltidales, a été mise en doute à plusieurs reprises, en particulier par Drew (1956) et par Dixon (1973). Mais, depuis peu, cette question est redevenue d'actualité. En effet, la présence de gamètes et d'une fécondation a été réaffirmée et prouvée chez *Porphyrostromium obscurum* par Kornmann (1987), tandis que Hawkes (1988) a étudié en microscopie électronique la formation des gamètes chez *Smithora naiadum* et fourni en outre un début de preuve cytologique d'une fécondation.

Chez *Erythrotrichia carnea* (Dillwyn) J. Agardh, autre Erythropeltidale, rien de comparable n'avait été observé jusqu'à ce jour. Le thalle est constitué d'une file de cellules cylindriques, toutes semblables à l'exception de la cellule de base qui prend la forme, soit d'un disque fixateur à bords lobés, dans la nature (Rosenvinge, 1909), soit d'un rhizoïde, dans les cultures (Chemin, 1937). Il produit des monospores, seuls organes de multiplication connus jusqu'ici. On sait, depuis Chemin (*o.c.*), que ces monospores redonnent de nouveaux thalles que l'on considère comme rigoureusement équivalents au thalle d'origine et qui produisent à leur tour des monospores. Tout se déroulerait donc en absence de phénomènes sexuels.

Dans un tel contexte, il nous a été donné de pouvoir étudier une population d' *Erythrotrichia carnea* chez laquelle la reproduction présentait des caractères qui ne peuvent être interprétés que comme des manifestations d'une sexualité. La description de ces phénomènes et la discussion des implications font l'objet de la présente publication.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L' *Erythrotrichia carnea* a été rencontré en épiphyte sur des frondes de *Cutleria multifida* (Smith) Greville récoltées à une profondeur de 1 à 2m dans le "vivier" de la Station Biologique de Roscoff (Finistère, France), vaste réservoir d'eau de mer à ciel ouvert dans lequel les conditions sont celles d'un mode remarquablement abrité. Cette récolte a eu lieu en septembre, après une longue période de journées particulièrement ensoleillées, alors que la longueur du jour était, du lever au coucher du soleil, d'environ 10h 45.

La plupart des observations ont été effectuées sur le vivant immédiatement après la récolte; d'autre part, du matériel a été réservé pour des études ultérieures après fixation au formol à 5%.

Enfin, des cultures, dans du milieu ES de Provasoli dit "maigre" (cf. Magne 1986), ont été préparées soit à partir de spores, soit à partir de segments de thalles prélevés sur ce même matériel.

OBSERVATIONS

1 - Observations *in vivo* sur le matériel sauvage

Sur les frondes de *Cutleria*, l'*Erythrotrichia carnea* formait une population relativement dense donnant au support une légère teinte rose. On y rencontrait des individus d'âges très variés. Beaucoup atteignaient une longueur de 1cm et produisaient de nombreuses monospores selon le mode mettant en oeuvre une division avec intervention d'une cloison courbe, ainsi que l'ont figuré en particulier les travaux de Thuret (*in* Le Jolis 1863) et de Rosenvinge (1909). Au cours de l'élaboration de ces monospores il a été possible d'observer que la division qui leur donne naissance n'est tout d'abord qu'un clivage du protoplasme du sporocyste sans que soit élaborée une cloison, et que celle-ci ne se forme que plus tard (Figure 2k); le sporocyste est donc un métacyste, selon une terminologie récemment proposée (Magne 1989).

Les jeunes individus, formés de quelques cellules ou même seulement de la spore fondatrice fixée depuis peu, étaient d'autant plus nombreux qu'on se rapprochait de l'apex de la fronde-support et restaient seuls présents sur le dernier demi-millimètre du thalle du *Cutleria*; en revanche, les poils prolongeant ce dernier en étaient au contraire complètement dépourvus.

L'étude de ces jeunes individus a permis de reconstituer presque entièrement la succession des étapes du développement de cette espèce dans la population examinée, depuis la spore jusqu'à l'âge adulte caractérisé par la production de spores. Ce développement se déroule comme suit (Figures 2 à 8).

Lorsque la monospore, issue d'un individu adulte, s'est fixée sur l'hôte (Figure 2a), elle grossit tout en devenant piriforme (Figures 2b et 3). A ce moment, elle est vraisemblablement pourvue d'une paroi, mais l'épaisseur de celle-ci n'est pas perceptible, même au plus fort grossissement du microscope; son contenu est très opaque et la forme étoilée du plaste, si caractéristique, n'est plus reconnaissable. Le stade suivant, qui n'a pas été observé, est supposé correspondre à la figure 2c où la cellule, ayant subi une division transversale, a donné une cellule distale volumineuse et renflée et une cellule proximale sensiblement cylindrique et d'un diamètre moindre. Cette cellule proximale se divise transversalement à son tour. Le jeune thalle est alors formé d'une partie basale bicellulaire supportant une grosse cellule apicale à base élargie (Figure 2d). On observe à ce stade des caractères parti-

RC?

?

m

m

a b c d e

1

2

F

s

10 µm

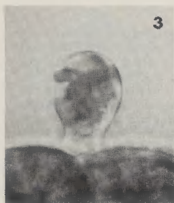
a k k i h g f

culiers au niveau de la paroi: la couche interne de celle-ci, qui constitue une enveloppe propre à chaque cellule et qui d'autre part sera bien visible plus tard au stade adulte (Figure 2k), n'est pas encore perceptible et la couche externe est sensiblement plus épaisse autour de la cellule apicale qu'à la base. On note encore d'autres différences entre les cellules basales et la cellule apicale; les premières ont toujours un cytoplasme limpide et un plaste pâle tandis que, dans la cellule apicale, ce dernier est plus brillamment coloré et le cytoplasme y est dans certains cas plus dense, masquant la forme étoilée du plaste. Ce dernier aspect du cytoplasme correspond très certainement à une phase de division du contenu de la cellule apicale, car le stade qu'on peut logiquement classer à la suite (Figure 2e) montre qu'un clivage du protoplasme est intervenu dans sa partie supérieure où s'est individualisée une petite cellule, tandis que le protoplasme a recouvré sa limpidité primitive; on peut observer alors que les deux protoplasmes issus de sa division ne sont pas séparés par une paroi mais seulement juxtaposés (Figure 4). Puis la petite cellule est émise à l'extérieur (Figures 5 et 6), à travers la paroi de la zone apicale qui s'en trouve modifiée: elle perd en effet sa réfringence à cet endroit et s'épaissit, ce qui constitue une papille apicale (Figures 2f et 2g). La petite cellule libérée forme une sphère d'environ 5μm de diamètre, apparemment dépourvue de paroi et contenant un (parfois deux) lambeau de plaste sans pyrénoïde; elle ne présente aucune trace d'appareil flagellaire et flotte passivement. La petite cellule émise est une spermatie, et la cellule dans laquelle elle s'est formée est un spermatocyste.

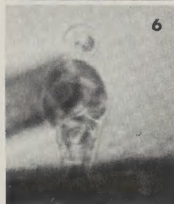
On retrouve ensuite la spermatie fixée sur la papille de la cellule apicale d'un individu parvenu au même stade que celui qui l'a produite; cette cellule apicale, qui a fonctionné déjà comme spermatocyste et qui maintenant accepte une spermatie, est donc devenue un carpogone (Figure 7). Il est très difficile, sinon impossible, de distinguer une spermatie en cours d'émission d'une autre en train de se fixer; toutefois, il a été possible d'observer quelques cas où une spermatie, au contenu très limpide et encore

---

Fig. 1 et 2: *Erythrotrichia carnea*, cycles de développement. 1: cycle direct asexué. - 2: cycle sexué. - a: monospore récemment libérée. - b: monospore fixée et en cours de germination. c: stade (supposé) bicellulaire. - d: stade tricellulaire. - e: formation d'une spermatie par une division, inégale et sans cloison, de la cellule apicale. - f: libération de la spermatie. - g: la cellule apicale, présentant une papille, est un carpogone prêt à la fécondation. h et i: jeunes thalles après fécondation, portant des restes de spermaties, et dont la lignée zygotique a subi respectivement une et deux divisions. - k: thalle adulte produisant des monospores. - (N.B.: le stade 2c n'a pas été observé; le passage du cycle asexué au cycle sexué n'a pas encore été démontré; les figures 2b, 2d, 2e, 2f, 2g, 2h et 2i sont la reproduction de dessins d'observations exécutés à la chambre claire, à l'échelle 10μm). F: fécondation; RC: réduction chromatique; m: monospore; s: spermatie.


3


4


6


5


7


8

fixée à sa cellule productrice (Figures 2f et 6), s'en est séparée durant le temps de l'observation, ainsi que d'autres - bien plus nombreux - où la spermatie, entourée cette fois d'une paroi souvent fripée, ne renfermait plus qu'un contenu en dégénérescence avec un plaste devenu vert ou complètement décoloré; ces derniers cas ne peuvent être interprétés que comme consécutifs à une fécondation.

Le stade suivant est caractérisé par une élongation et une division transversale de la cellule réceptrice (Figure 2h); c'est aussi à ce moment que débute le plus souvent la transformation de la cellule basale en un disque fixateur à contours plus ou moins lobés-digités. L'élongation, qui semble se faire essentiellement au voisinage de l'apex, a pour effet de rejeter sur le côté la paroi vide de la spermatie qui persiste parfois longtemps comme un témoin (Figures 2h, 2i et 8); quant à la division transversale de la cellule apicale, elle n'est que la première de toutes celles qui vont assurer la croissance du thalle en longueur jusqu'à l'état adulte (Figure 2k). Durant cette croissance, on observe que le diamètre des cellules augmente sensiblement lui aussi, à l'exception des deux cellules de base qui conservent leur faible coloration et leur petite taille et qui souvent même s'affaissent sur elles-mêmes. Le rouge de ruthénium ne colore rien dans la paroi au niveau de ces deux cellules basales, mais teint nettement la couche la plus externe de la paroi de toutes les autres cellules.

Les observations rapportées ici ont pu être effectuées sur tous les échantillons de matériel fraîchement récoltés, et tous les individus d' *E. carnea* observés présentaient des signes évidents d'une origine sexuée; ce qui, incidemment, conduit à admettre que toutes les monospores produites à l'état sauvage étaient destinées à se développer en gamétophytes. Mais, sur ce même matériel transporté au laboratoire et conservé en stabulation (en eau non renouvelée et en lumière naturelle atténuée), les manifestations d'activité sexuelle et notamment la production de spermaties se sont raréfiées dans les heures suivantes pour cesser complètement le deuxième jour.

Fig. 3 à 8: *Erythrotrichia carnea*, jeunes thalles sexués. - 3: monospore fixée et en cours de germination. - 4 et 5: parties apicales, observées dans deux plans différents, de deux thalles tricellulaires ayant formé chacun une spermatie; celle de droite est encore contenue dans le spermatocyste, celle de gauche est en train de s'échapper. - 6: thalle tricellulaire émettant sa spermatie. - 7: deux thalles tricellulaires dont la cellule apicale est à l'état de carpogone. - 8: thalle quadricellulaire, portant à l'apex les restes d'une spermatie; après fécondation, la cellule apicale-carpogone s'est divisée une fois (l'échelle est commune à toutes les figures).

2 - Observations sur matériel en culture

Des monospores, produites par du matériel sauvage dès la récolte de celui-ci, ont été recueillies sur lames de verre et ont été mises en culture (milieu ES de Provasoli "maigre", lumière naturelle atténuée, température 18°C environ). Elles se sont développées en plantules, mais sans présenter aucun des caractères si particuliers observés chez les individus jeunes prélevés dans la nature, et chaque plantule constituée déjà de quelques cellules présentait à sa base un rhizoïde, étant en cela semblable à celles décrites par Chemin (1937, p. 28 et figure 8).

Parallèlement, d'autres cultures ont été établies à partir de segments de thalles adultes provenant du même matériel sauvage. Ces segments sont devenus eux-mêmes des thalles adultes dont les monospores se sont, elles aussi, développées en nouveaux individus jusqu'à l'état adulte selon le mode direct, sans présenter d'épisode sexué; enfin, les monospores produites par ces derniers se sont comportées à leur tour de la même façon. Il a été possible en outre de constater, sur ce même matériel, que lorsqu'une monospore se développe sur un support organique (autre thalle d'*E. carnea*), la cellule de base ne forme pas un rhizoïde comme elle le ferait au contact d'une lame de verre, mais directement un disque de fixation à marges lobées. Ces deux types de plantules, remarqués déjà par plusieurs auteurs (Hamel 1924; Chemin 1937; Kornmann & Sahling 1985), sont donc bien dus à des supports de nature différente, comme cela a été suggéré par Chemin (*o.c.*) et démontré par Kornmann & Sahling (*o.c.*).

DISCUSSION

Les documents présentés ici établissent l'existence d'une sexualité chez *Erythrotrichia carnea* où le seul mode de reproduction connu jusqu'à présent reposait sur l'existence de monospores.

1 - Les manifestations de la sexualité

Les organes sexués sont remarquables: il n'existe qu'un seul type de gamétocystes, et *a fortiori* que des gamétophytes monoïques. Chaque gamétocyste se comporte successivement en spermatocyste puis en carpogone. Il produit tout d'abord, en fonctionnant selon le type métacyste (cf. Magne 1989), une spermatie qui est libérée, puis il en accepte une, - vraisemblablement différente, - qui se fixe sur lui et dont, selon toute vraisemblance, il incorpore le noyau au moins. Il fonctionne ainsi comme carpogone et ne présente à ce titre, pour toute différenciation, qu'une papille formée par une modification localisée de la paroi.

On ne connait qu'un seul autre cas d'un tel comportement chez les Rhodophycées; c'est celui d'une autre Erythropeltidacée, *Smithora naiadum*, récemment examinée par Hawkes (1988). Toutefois, les preuves d'un com-

portement successivement mâle puis femelle des gamétocystes de cette espèce, apportées par cet auteur, peuvent être tenues pour encore fragiles.Elles se réduisent en effet à une unique micrographie à faible grossissement (*o.c.*, figure 8) montrant, fixé sur une protubérance d'une cellule qui a déjà fonctionné comme spermatocyste, un corps sphérique que l'auteur considère comme une spermatie; or la faible définition cytologique de l'image ne permet pas d'affirmer qu'il en est bien ainsi. De sorte que les résultats du présent travail, en apportant la preuve qu'un gamétocyste fonctionnant successivement comme mâle puis comme femelle existe effectivement chez une espèce de position systématique voisine, constituent un puissant soutien pour la thèse de Hawkes.

Chez *Porphyrostromium obscurum*, autre Erythropeltidacée chez qui Kornmann (1987) a confirmé l'existence d'une reproduction sexuée, les gamétocystes se comportent peut-être aussi, successivement, en mâles et en femelles; toutefois, les conditions de l'observation n'ont pas permis, comme chez *E. carnea*, d'en apporter une preuve formelle.

2 - Le cycle de développement

Ainsi que l'a rappelé l'Introduction, on ne connaissait jusqu'à présent chez cette espèce qu'un cycle direct dépourvu de sexualité, au cours duquel les monospores redonnent directement des thalles semblables à ceux d'origine, ce que retrace la figure 1. L'existence de ce cycle est attestée par les résultats des cultures de Chemin (1937) et de Kornmann & Sahling (1965) ainsi que par ceux de certaines des cultures entreprises au cours de la présente étude (cf. plus haut: cultures préparées à partir de segments de thalles).

Mais, comme le montrent les observations rapportées ici, la monospore peut aussi dans certains cas donner une plantule de nature gamétophytique, sur laquelle le zygote résultant de la fécondation demeure fixé puis se développe en un filament producteur de monospores. Il existe donc aussi chez l'*E. carnea* un cycle de développement sexué que retrace la figure 2. Le fait, d'une part, que dans la population sauvage on n'a rencontré que des individus présentant une sexualité et que, d'autre part, toutes les cultures entreprises ont donné plusieurs générations successives uniquement à partir de monospores, prouve bien que chacun des deux cycles peut se dérouler entièrement sans intervention de l'autre et que les deux types de thalle, l'un sexué l'autre asexué, ne représentent pas deux générations alternantes.

Si, dans le cycle sexué, la place de la fécondation est évidente, en revanche on ignore encore celle de la méiose. Celle-ci ne peut avoir lieu qu'après la rencontre des deux gamètes. Or aucun indice, tel qu'une formation simultanée de quatre cellules, ou qu'un rejet de noyaux comme il s'en produit chez *Lemanea* (cf. Magne 1967), ne permet de penser que les premières divisions du noyau zygotique pourraient être accompagnées d'une

réduction chromatique. De même, il est peu probable que la méiose ait lieu au moment de la formation des monospores: l'élaboration de la spore dans le sporocyste semble être un épisode rapide peu en rapport avec la longue opération que représente la méiose et d'autre part il n'est produit à chaque fois qu'une spore et non quatre comme c'est le cas lorsqu'une méiose accompagne une sporogenèse. La méiose ne pourrait donc plus se situer qu'entre la germination de la monospore et la formation des gamètes, puisque ceux-ci sont haploïdes. On peut alors proposer l'hypothèse suivante: la première - au moins - des deux divisions nucléaires qui constituent la méiose aurait lieu dans la monospore en cours de germination; la forte opacité du contenu protoplasmique à ce moment (Figure 2b) refléterait une activité cellulaire intense accompagnant la longue prophase hétérotypique. L'étape suivante reste incertaine; il se pourrait qu'une cloison sépare les deux noyaux résultant de cette première division, aboutissant à une plantule bicellulaire (Figure 2c) dont la cellule inférieure seule se recloisonnerait ensuite (Figure 2d); mais il se pourrait également que les deux divisions nucléaires se succèdent sans cloisonnement, celui-ci intervenant ensuite en délimitant simultanément deux cellules de base uninucléées et une cellule apicale binucléée dont chacun des noyaux serait destiné à l'un des gamètes. Le fait de n'avoir rencontré aucune plantule bicellulaire dans une population nombreuse laisse penser que la seconde de ces suppositions pourrait être la plus proche de la réalité.

Selon l'interprétation du développement qui vient d'être proposée, le cycle sexué de cette espèce comporterait seulement la succession d'un gamétophyte haploïde tricellulaire né d'une monospore, et d'une génération diploïde née du zygote, implantée sur le gamétophyte et produisant des monospores diploïdes elles aussi. Cette seconde génération, présentant les caractères d'un carposporophyte, serait donc à interpréter comme tel, et les monospores produites dans ces conditions seraient des carpospores. En outre, le déroulement complet du cycle sexué ne nécessiterait qu'un seul type d'individus.

Il est très probable qu'il y a, dans la nature, passage du cycle sexué au cycle asexué, et réciproquement. Le premier est établi par certains faits; on a vu en effet que les monospores de la population sauvage, toutes destinées à se développer en gamétophytes, se développent en réalité en thalles asexués dès qu'elles sont transférées dans un milieu différent (les conditions du laboratoire). Le passage inverse - du cycle asexué au cycle sexué - n'a pas été observé; les monospores de toutes les cultures de cette espèce, et quelle que soit leur origine, aussi bien au cours des présentes recherches que de celles d'autres auteurs (Chemin 1937; Kornmann & Sahling 1985), ne se sont jamais développées qu'en individus asexués. On doit pourtant envisager l'existence d'un passage dans ce sens; si ce passage n'existait pas, il faudrait admettre l'existence de deux types distincts de populations d'*E. carnea*, l'un asexué et l'autre sexué, ce dernier ne pouvant qu'alimenter le premier par

des monospores asexuées, ou bien s'auto-perpétuer mais alors dans d'étroites conditions de milieu rendant son existence précaire et le vouant à l'extinction à plus ou moins long terme, puisqu'une simple modification de l'environnement suffit pour supprimer la sexualité.

Le déterminisme de ce passage vers un état sexué nous est pour le moment inconnu. Il n'est certainement pas endogène puisque des modifications d'ambiance suffisent à l'annuler. Il est donc d'origine externe et doit être recherché dans une induction exercée par les facteurs de l'environnement. Au nombre de ceux-ci on doit compter la nature de l'hôte sur lequel se développe l'*E. carnea*; l'espèce n'y est certainement pas insensible, puisqu'elle fait une différence entre le thalle du *Cutleria* et les poils de la zone trichothallique sur lesquels elle ne s'installe jamais. On peut penser que cette induction s'exerce sur les monospores elles-mêmes au moment de leur germination, puisque celles de la nature, ambivalentes, orientent leur développement selon les conditions régnantes. On peut penser aussi à un mécanisme plus complexe où l'induction au développement de type sexué serait donnée à la monospore dès sa formation ou peut-être même, plus tôt encore, au thalle qui la produit. Le fait que l'ensemencement des monospores formées dans la nature n'ait procuré aucun thalle sexué, indique de façon significative que la première de ces deux hypothèses est à préférer.

3 - Les implications à signification évolutive

De façon quasi-implicite, et depuis toujours, l'*E. carnea* a été considéré par les phycologues comme une Rhodophycée "primitive", en raison de certains de ses caractères jugés archaïques. Si l'absence de reproduction sexuée ne peut plus dorénavant être reconnue comme l'un de ceux-ci, il reste encore la simplicité morphologique et structurale, en particulier l'absence de ramifications vraies et de synapses, caractères qui sont ceux d'un archéthalle (Chadefaud 1960; Magne 1988). Il faut y ajouter l'absence de différenciation des organes sexués: ni le spermatocyste ni le carpogone ne diffèrent réellement d'une cellule végétative, et les spermaties possèdent un plaste fonctionnel ce qui est, comparativement à la presque totalité des autres Rhodophycées chez qui les spermaties sont incolores, une marque d'archaïsme.

Si donc on admet que cette espèce est primitive, on peut considérer comme également archaïques d'autres caractères qu'elle présente et en tirer des conclusions d'ordre phylogénétique.

Ainsi, une caractéristique remarquable - qui certainement existe aussi chez *Smithora* - consiste dans le fonctionnement comme gamétocyste, successivement mâle puis femelle, d'une seule et même cellule. Ce phénomène, limité jusqu'à présent semble-t-il aux seules Erythropeltidales, pourrait peut-être représenter l'un des stades les plus archaïques de la différenciation sexuelle.

Un autre trait particulier est la possession d'un cycle sexué apparemment dépourvu de tétrasporophyte. Ce cycle digénétique, existant chez une espèce primitive par ses autres caractères, pourrait être considéré comme représentatif de ce qu'a du être le cycle des Rhodophycées ancestrales. Celui-ci n'aurait donc pas été trigénétique dès l'origine ainsi que l'avait supposé Feldmann (1952); il n'aurait comporté à ce moment qu'un gamétophyte et un carposporophyte et le tétrasporophyte que nous connaissons aujourd'hui ne serait apparu qu'ensuite. En fait, une telle conception se heurte à deux difficultés. Tout d'abord, il faudrait expliquer par quel mécanisme un tétrasporophyte serait venu, à un certain moment, s'intercaler entre la production de monospores et le gamétophyte; on n'en connaît actuellement aucun exemple. Ensuite, un doute naît, relativement à l'archaïsme attribué à ce type de cycle, lorsqu'on considère le développement du *Porphyrostromium obscurum*, forme proche des *Erythrotrichia* et présentant elle aussi une sexualité. Bien qu'incomplètement connue encore, ce développement comporte une alternance apparemment obligatoire entre des gamétophytes filamenteux et des individus discoïdes (Kornmann 1987); le cycle correspondant est donc bien différent de celui d' *E. carnea* où n'existe qu'une seule catégorie de thalles. Ceci montre qu'au sein même du groupe restreint des Erythropeltidales le cycle sexué s'est diversifié en plusieurs types, et donc que chacun de ceux-ci est plus vraisemblablement dérivé qu'ancestral. Il semble donc difficile de considérer le cycle sexuel de l' *E. carnea* comme représentant par excellence le cycle originel des Rhodophycées. Mais il reste possible de proposer pour ce cycle une interprétation alternative. Selon celle-ci, le tétrasporophyte apparemment absent pourrait, consécutivement à une réduction très poussée comme d'autres Rhodophycées en offrent déjà des exemples (Magne 1972, 1982, 1987), n'être plus représenté que par la monospore en cours de germination. Celle-ci, dans la mesure où elle est le lieu de la méiose ainsi qu'on l'a proposé plus haut, peut être assimilée à un tétrasporocyste; le tétrasporophyte serait donc, non seulement réduit à une seule cellule en cours de division, mais de plus il serait transitoire, cette cellule se transformant ensuite en gamétophyte; ainsi le cycle, malgré les apparences, rentrerait dans le cadre des cycles trigénétiques.

REMERCIEMENTS

L'auteur exprime sa reconnaissance à Monsieur le Directeur de la Station Biologique de Roscoff où ce travail, à partir d'une observation fortuite de Mademoiselle A.-M. Mannino, a pu être mené à bien, et aussi tout particulièrement à Madame J. Cabioch, Maître de Conférences à la Station, qui lui a procuré des moyens et de précieuses indications techniques. Il remercie également Monsieur C. Bidoux et Madame M. Godrant pour leur aide dans la préparation de l'illustration.

BIBLIOGRAPHIE

BERTHOLD G., 1882 - Die Bangiaceen des Golfes von Neapel. *Fauna Flora Golf Neapel* 8: 1-28.

CHADEFAUD M., 1960 - *Les végétaux non vasculaires, Cryptogamie. In* CHADEFAUD M. & EMBERGER L., Traité de Botanique. Paris, Masson, Vol. I, XV + 1018p.

CHEMIN E., 1937 - Le développement des spores chez les Rhodophycées. *Rev. Gén. Bot.* 49: 205-371, 4 pl.

DIXON P.S., 1973 - *Biology of the Rhodophyta.* Oliver & Boyd, Edinburgh.

DREW K.M., 1956 - Reproduction in the Bangiophycidae. *Bot. Rev.* 22: 553-611.

FELDMANN J., 1952 - Les cycles de reproduction des Algues et leurs rapports avec la phylogénie. *Rev. Cytol. Biol. Vég.* 13: 1-49.

HAMEL G., 1924 - Floridées de France. Bangiales. *Rev. Algol.* 1: 278-293.

HAWKES M.W., 1988 - Evidence of sexual reproduction in *Smithora naiadum* (Erythropeltidales, Rhodophyta) and its evolutionary significance. *Brit. Phycol. J.* 23: 327-336.

HOLLENBERG G.J., 1959 - *Smithora,* an interesting new algal genus in the Erythropeltidaceae. *Pacific Naturalist* 1: 3-11.

KNOX E., 1928 (1926) - Some steps in the development of *Porphyra naiadum. Publ. Puget Sound Biol. Sta.* 5: 125-135.

KORNMANN P., 1987 - Der Lebenszyklus von *Porphyrostromium obscurum* (Bangiophyceae, Rhodophyta). *Helgoländer Meeresuntersuch.* 41: 127-137.

KORNMANN P. & SAHLING P.-H., 1985 - Erythropeltidaceen (Bangiophyceae, Rhodophyta) von Helgoland. *Helgoländer Meeresunters.* 39: 213-236.

LE JOLIS A., 1863 - Liste des algues marines de Cherbourg. *Mém. Soc. imp. Sci. nat. Cherbourg* 10: 5-168.

MAGNE F., 1967 - Sur le déroulement et le lieu de la méiose chez les Lémanéacées (Rhodophycées, Némalionales). *Compt. Rend. Hebd. Séances Acad. Sci.* 265: 670-673.

MAGNE F., 1972 - Le cycle de développement des Rhodophycées et son évolution. *Bull. Soc. Bot. France, Mém.* 247-268.

MAGNE F., 1982 - On two new types of life history in the Rhodophyta. *Cryptogamie, Algol.* 3: 265-271.

MAGNE F., 1986 - Anomalies du développement chez *Antithamnionella sarniensis.* I: Formation et début du développement des tétraspores. *Cryptogamie, Algol.* 7: 135-147.

MAGNE F., 1987 - La tétrasporogenèse et le cycle de développement des Palmariales: une nouvelle interprétation. *Cryptogamie, Algol.* 8: 273-280.

MAGNE F., 1988 - Sur les notions d'archéthalle et de nématothalle. *Cryptogamie,Algol.* 9 (4): 265-271.

MAGNE F., 1989 - Classification et phylogénie des Rhodophycées. *Cryptogamie, Algol.* 10 (2): 101-115.

ROSENVINGE L.K., 1909 - The marine algae of Denmark. Vol. I, Rhodophyceae. Part I, Bangiales and Nemalionales. *Kongel Danske Vidensk. Selsk. Naturvidensk. Math. Afh.* 7: 1-151.

KYSTES MODERNES DE DINOFLAGELLÉS EN BAIE DE VILAINE-BRETAGNE SUD (FRANCE)

M.E. LARRAZABAL, P. LASSUS, P. MAGGI, M. BARDOUIL

Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, Centre de Nantes, rue de l'Ile d'Yeu, B.P. 1049, 44037 Nantes Cedex 01

RÉSUMÉ - Une étude préliminaire des kystes actuels de dinoflagellés marins a été réalisée en baie de Vilaine, au cours des hivers 1986, 1987 et 1989. L'observation directe des sédiments envasés et des essais de germination expérimentale (MPN) ont permis de montrer une faible diversité spécifique hivernale avec prédominance de *Spiniferites* spp. et de kystes de *Scrippsiella* sp. La modification de l'importance relative de la zone à plus forte diversité spécifique d'une année sur l'autre suggère un rôle non négligeable des courants de fond. L'étude des formes de résistance de dinoflagellés toxiques du genre *Dinophysis* et *Alexandrium* a confirmé la présence de kystes d' *A. minutum* (10 à 30 kystes.g-1 sédiment) en faible quantité et l'absence de formes de résistance de *Dinophysis* sp. D'une façon plus générale, la comparaison des kystes trouvés dans les sédiments avec les formes libres estivales traduit une certaine disparité pouvant être due à des cycles biologiques différents et à des périodes d'enkystement/désenkystement variables selon les espèces.

ABSTRACT - A preliminary study of modern marine dinoflagellate cysts has been performed in Vilaine Bay through winters 1986, 1987 and 1989. Direct observations of muddy sand samples and most probable number (MPN) method applied to cysts have evidenced a low winter species diversity with *Spiniferites* spp. and *Scrippsiella* sp. cysts as predominant species. Change in relative importance of maximum species diversity area from year to year suggests a possible action of bottom currents. A study of dormant stages of toxic dinoflagellates, genus *Alexandrium* and *Dinophysis*, has corroborated the occurrence of *A. minutum* cysts (10 to 30 cysts.g-1 sediment) at low amounts and absence of *Dinophysis* sp. resting stages. More generally, comparison of cysts in sediments with summer free swimming stages shows a certain discrepancy, probably due to different living cycles and to unsteady, species dependant, encystment/excystment period.

MOTS CLÉS : Dinoflagellés actuels, kystes, baie de Vilaine, *Alexandrium*, *Dinophysis*.

INTRODUCTION

Un intérêt particulier est porté depuis 1982 aux peuplements phytoplanctoniques de la baie de Vilaine (Andresen-Leitao *et al.*, 1983; Pier-

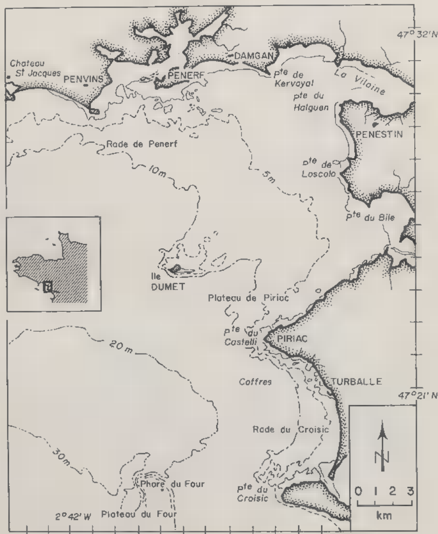


Fig. 1 - Situation de la baie de Vilaine.

re & Lassus, 1985). En effet, ce secteur des côtes françaises atlantiques (fig. 1) est un centre important de production mytilicole soumis depuis quelques années à des perturbations environnementales notoires: anoxie et mortalités de poissons en 1982 (Merceron, 1987), eaux colorées en 1983 et 1984 (Lassus *et al.*, 1985), efflorescences d'espèces toxiques appartenant aux genres *Dinophysis* et *Alexandrium* (Lassus *et al.*, 1986). Le site est original puisque cette baie est à la fois fortement envasée et enrichie par les apports de deux fleuves: la Vilaine et la Loire. De plus, le temps de renouvellement des eaux marines est long (2 à 8 jours) et la baie peu profonde (moins de 10m) (Nadaillac & Breton, 1986; Salomon & Lazure, 1988). Compte-tenu du rôle des kystes dans les efflorescences estivales, il était donc important d'identifier et de cartographier la répartition benthique des formes de résistance hivernale du phytoplancton côtier. C'est ce qui a été entrepris dans cette étude, mais en donnant la priorité aux kystes de dinoflagellés, et en particulier aux espèces pouvant donner lieu en période estivale à des efflorescences toxiques. Dans ce but, on a étudié la répartition des kystes et leur identification dans la partie interne de la baie en 1986 et 1987, et des expériences de



Fig. 2 - Localisation des stations de prélèvement de kystes en baie de Vilaine. Campagnes effectuées pendant les hivers 1986 (cercles pleins), 1987 (cercles vides) et 1989 pour le MPN (étoiles).

germination de kystes à partir des sédiments ont été ensuite entreprises en 1989.

MÉTHODES

Les échantillons de sédiment sont prélevés sur 12 à 13 stations au moyen d'une benne "Bottom sampler" de Lenz (fig. 2). L'épaisseur de la couche sédimentaire ainsi prélevée est de 5cm. Les échantillons frais sont gardés à 4°C puis traités selon la méthode employée par Lewis *et al.* (1985) que nous avons adapté: un sous-échantillon de 0,5g est soumis aux ultrasons pendant 3 minutes puis lavé sur un tamis de 20μm avec de l'eau de mer filtrée. Le résidu est remis en suspension et distribué entièrement dans 5 cuves à sédimentation de 10ml pour examen microscopique ultérieur (grossissement x 250) selon la méthode Uthermöhl (1958). En ce qui concerne la technique du MPN (Most Probable Number), elle dérive des techniques de dénombrement bactériologiques et son adaptation aux kystes phytoplanctoniques est décrite par Imai *et al.* (1984): 1 gramme de sédiment est filtré successivement sur 100 et 10μm pour n'étudier que la fraction intermédiaire. Celle-ci est reprise en tube à essai dans 10ml d'eau de mer filtrée enrichie en milieu Erd Schreiber de Provalosi (Provasoli *et al.*, 1957) puis diluée successivement au 1/10è et 1/100è par dilutions successives. On réalise 5 essais par dilution et le nombre de tubes positifs (détection de une ou plusieurs cellules ayant germé) est évalué à chaque fois. La lecture directe sur table (*In* Suess, 1985) permet d'estimer le nombre probable de kystes par gramme de sédiment après une incubation de 8 jours à 20° $\pm$ 1°C. Des incubations plus longues conduisent à un développement trop grand des diatomées qui inhibent les dinoflagellés (Imai *et al.*, 1984). Trois stations ont été comparées au niveau du MPN en Février 1989 (Fig. 2).

RÉSULTATS

A partir des études taxonomiques récentes réalisées sur les kystes modernes de dinoflagellés (Blanco *et al.*, 1985; Dale, 1983; Dodge, 1982, 1985; Drebes, 1974; Fukuyo, 1980, 1981; Margalef, 1956; Matsuoka, 1981; Reid, 1977; Reid & Harland, 1977) environ 10 espèces (Tabl. I) ont pu être identifiées au cours des deux campagnes hivernales de 1986 et 1987 et certaines d'entre elles ont été représentées en microphotographie sur la fig. 3 (*Spiniferites* sp., *S. bulloideus*, kyste de *Polykrikos schwartzii*, *Votadinium spinosum*, *V. calvum*, *Stelladinium stellatum*).

Ce premier examen des kystes présents dans les sédiments vaseux de la partie interne de la baie de Vilaine, montre une certaine disparité avec les

KYSTES	**FORMES [redacted] CORRESPONDANTES**
Spiniferites delicatus, Reid., 1974	*Gonyaulax sp*, Diesing., 1866
Spiniferites bulloideus, (Deflandre et Cookson, Sarjeant., 1970)	*Gonyaulax scrippsae*, Kofoid., 1911
Spiniferites spp	*Gonyaulax spinifera*, (Claparède et Lachmann), Diesing., 1866
Votadinium spinosum, Reid., 1977	*Protoperidinium claudicans*, (Paulsen) Balech., 1974
Votadinium calvum, Reid., 1977	*Protoperidinium oblongum*, (Aurivillius) Parke et Dodge, 1976
Trinovantedinium capitatum, Reid., 1977	*Protoperidinium pentagonum*, (Gran) Balech., 1974
Stelladinium stellatum, (Wall et Dale) Reid., 1977	*Protoperidinium compressum*
Kyste de Scrippsiella faeroense, (Paulsen) Balech et Soares., 1967	
Kyste de Scrippsiella Trochoidea (Stein) Steidinger et Balech., 1911	
Kyste de Polykrikos sp, Bütschli., 1873	

Tableau I - Liste floristique des kystes de dinoflagellés identifiés dans les sédiments fins (entre 100 et 20μm) de la baie de Vilaine en 1986 et 1987.

formes libres observables chaque été dans le plancton (Pierre & Lassus, 1985). En effet, pour quelques espèces il y a correspondance entre les apparitions estivales et les kystes trouvés sur le fond en hiver (*Scrippsiella* spp., *Gonyaulax spinifera*, *Polykrikos schwartzii*, *Protoperidinium pentagonum*, *P. claudicans*) mais pour d'autres, les formes mobiles correspondant aux kystes ne sont pas retrouvées systématiquement dans le plancton (*Gonyaulax scrippsae*, *Protoperidinium compressum*). A titre indicatif, nous avons représenté sur le tableau II les dinoflagellés observés dans le plancton estival en 1986 et 1987.

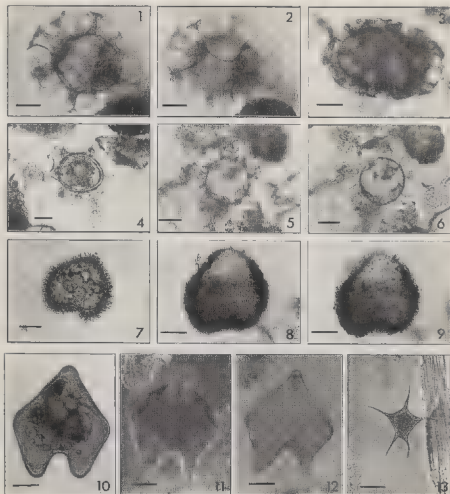


Fig. 3 - Microphotographies de différents kystes observés dans les sédiments de la baie de Vilaine: *Spiniferites* sp. (1 et 2), kyste de *Polykrikos schwartzii* (3), *S. bulloideus* (4 à 6), *Votadinium spinosum* (7 à 9), *V. calvum* (10 à 12) et *Stelladinium stellatum* (13). Echelle = 10 µm.

La distribution des kystes dans la baie de Vilaine a été cartographiée à partir des observations réalisées pendant deux campagnes hivernales: mars 1986 et mars 1987. Dans les deux cas, les kystes de *Gonyaulax* sont les plus abondants (fig. 4) tandis qu'en 1987 les kystes de *Protoperidinium* montrent

[redacted]	1986	1987
Prorocentrum micans, Ehrenberg., 1833	+	+
Prorocentrum triestinum, Schiller., 1918		+
Dinophysis acuta, Ehrenberg., 1840	+	
Dinophysis rotundata, Clap. et Lach., 1859	+	+
Dinophysis sacculus, Stein., 1883	+	+
Dinophysis sp., Ehrenberg., 1839	+	+
Dinophysis tripos, Gourret., 1883		+
Cochlodinium sp., Schütt., 1896	+	
Dissodinium pseudolunula, (Swift.), Elbrachter et Drebes., 1978	+	
Gymnodinium sp., Stein., 1878	+	+
Gyrodinium aureolum, Hulburt., 1957		+
Gyrodinium spirale, (Bergh.), Kofoid [redacted] Swezy., 1921	+	+
Gyrodinium sp., Kofoid et Swezy., 1921	+	+
Noctiluca miliaris, (Suriray.), Zingmark., 1970	+	+
Polykrikos sp., Bütschli., 1873	+	+
Ceratium furca, (Ehrenberg), Clap. et Lach., 1858	+	
Ceratium fusus, (Ehr.), Dujardin., 1841	+	
Ceratium lineatum, (Ehr.), Cleve	+	
Ceratium sp., Schrank., 1793	+	+
Alexandrium minutum, Halim., 1961	+	+
Gonyaulax diacantha, (Meun.), Schiller., 1937		
Gonyaulax diegensis, Kofoid., 1911	+	
Gonyaulax digitale, (Pouchet), Kofoid., 1911	+	+
Gonyaulax grindleyi, Reinecke., 1967	+	+
Gonyaulax spinifera, (Clap. et Lach.), Diesing., 1866	+	+
Amylax triacantha, (Jörgensen), Sournia., 1984	+	+
Cachonina sp., Loeblich III., 1968	+	
Diplopeltopsis minor, Pavillard., 1913	+	+
Diplopsalis sp., Bergh., 1881	+	
Heterocapsa triquetra, (Ehren), Stein., 1883	+	+
Minuscula bipes, Lebour., 1925	+	+
Protoperidinium achromaticum, (Lev.), Balech., 1974	+	
Protoperidinium brevipes, (Pauls), Balech., 1974	+	
Protoperidinium claudicans, (Pauls), Balech., 1974	+	+
Protoperidinium conicoides, (Pauls), Balech., 1974	+	
Protoperidinium conicum, (Gran.), Balech., 1974	+	+
Protoperidinium decipiens, Jörgensen., 1899	+	+
Protoperidinium depressum, (Bail.), Balech., 1974	+	+
Protoperidinium divergens, (Ehren), Balech., 1974	+	+
Protoperidinium granii, (Ostenf.), Balech., 1974	+	
Protoperidinium leonis, (Pav.), Balech., 1974	+	+
Protoperidinium minutum, (Kof.), Loeblich III., 1969	+	
Protoperidinium oblongum, (Auriv.), Parke et Dodge., 1976	+	+
Protoperidinium pellucidum, Bergh., 1882	+	+
Protoperidinium pentagonum, (Gran.), Balech., 1974	+	+
Protoperidinium punctulatum, (Pauls), Balech., 1974	+	
Protoperidinium sp., Bergh., 1881	+	+
Protoperidinium steinii, (Jörg.), Balech., 1974	+	+
Scrippsiella sp., (Balech), Loeblich III., 1965	+	+

Tableau II - Espèces de Dinoflagellés (formes mobiles) observées en baie de Vilaine en 1986 et 1987

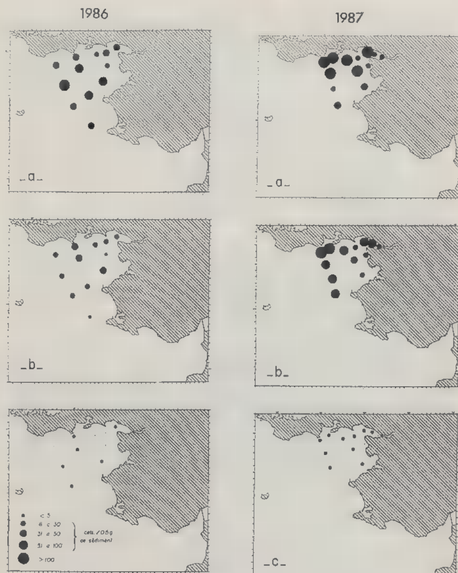


Fig. 4 - Abondances de kystes de dinoflagellés appartenant aux Peridiniales: kystes de *Gonyaulax* (a), de *Protoperidinium* (b), et aux Gymnodiniales: kystes de *Polykrikos* (c) pour les hivers 1986 et 1987.

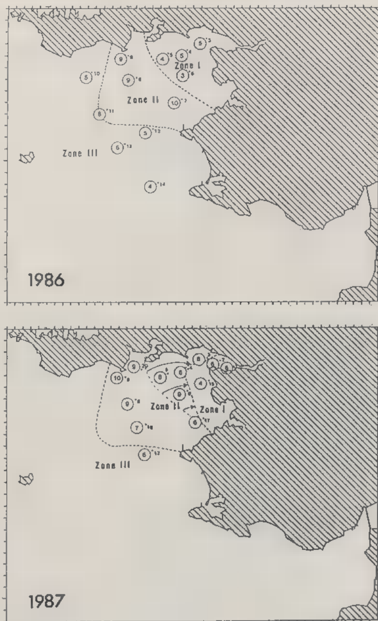


Fig. 5 - Zonation de la baie de Vilaine d'après la diversité spécifique des kystes de dinoflagellés observés au cours des hivers 1986 et 1987. Les flèches indiquent l'extension de la zone II en 1987 et les chiffres cerclés le nombre d'espèces dénombrées.

des effectifs plus élevés qu'en 1986. En ce qui concerne les gymnodiniales, les kystes de *Polykrikos* sont les seuls représentés mais leur présence reste faible (moins de 5 kystes par 0,5g de sédiment) même si leur répartition est plus grande en 1987 qu'en 1986.

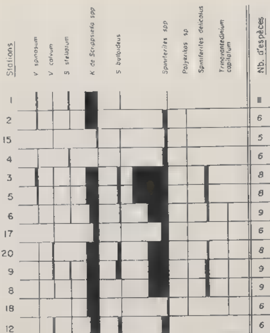
Le dénombrement global de ces genres correspond à plusieurs espèces dont les variations d'abondances sont détaillées sur la fig. 6, en fonction d'un découpage de la baie en trois zones géographiques correspondant à la diversité spécifique observée (Fig. 5). Une zone "plus riche" (de 8 à 10 espèces différentes dénombrées) est intercalée entre deux zones pauvres en espèces correspondant respectivement à la partie estuarienne et océanique de la baie. L'examen de ces figures permet de constater une nette augmentation des kystes de *Spiniferites* spp. en zone II (zone riche en espèces) ainsi que des kystes de *Scrippsiella* spp. dans toutes les zones en 1987. Ces variations d'abondance spécifiques sont apparemment responsables des différences annuelles globales au niveau des genres *Gonyaulax* et *Protoperidinium*.

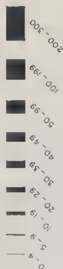
De plus, entre 1986 et 1987, deux espèces ne sont pas retrouvées systématiquement dans les dénombrements, il s'agit de *Stelladinium stellatum* et des kystes de *Protoperidinium minutum*. En terme de diversité spécifique, ces deux années diffèrent: il semble en effet qu'en 1987, la zone II se soit étendue davantage vers la partie interne de la baie (fig. 5). Cette extension géographique correspond non seulement à une diversité spécifique plus grande mais également à une augmentation des effectifs de *Spiniferites* spp.

Néanmoins, ces examens n'ont pas permis de détecter les kystes ou des formes de dormance de deux dinoflagellés toxiques provoquant plus ou moins régulièrement des efflorescences dans la baie (*Dinophysis* spp. et *Alexandrium minutum*). Nous avons donc appliqué la méthode du MPN aux sédiments vaseux de trois stations localisées (fig. 2) dans la partie nord de la baie, sur des fonds inférieurs à 10m et correspondant au maximum d'abondance des kystes en 1987. Les résultats du tableau III appellent quelques commentaires.

En effet, si l'on compare ces résultats avec ceux de la fig. 5, il apparaît que les teneurs probables en kystes par g de sédiment sont comparables à celles observées en 1987 pour *Scrippsiella* spp. En revanche, les germinations expérimentales permettent d'observer des espèces dont les kystes n'ont pas été trouvés en 1986 et 1987: *Alexandrium minutum*, *Cochlodinium* sp., ou dont l'identification n'a pas été précisée: *Spiniferites* spp. (*Gonyaulax diacantha* ?). Aucune forme mobile de *Dinophysis* spp. n'a pu être observée dans les conditions expérimentales, ce qui peut s'expliquer de deux façons: il n'y aurait pas de forme de résistance hivernale pour cette espèce, ou alors les concentrations par gramme de sédiment sont trop faibles et les conditions de germination non favorables.

En ce qui concerne les genres de kystes observés dans les sédiments en 1986 et 1987, on peut également observer que *Spiniferites*, *Stelladinium* et





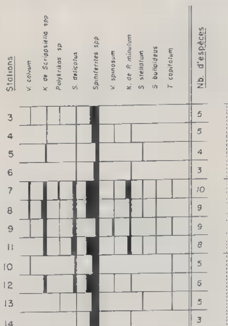


Fig. 6 - Distribution des différentes espèces de kystes identifiées en fonction de leur abondance relative en 1986 et 1987. Les zones I, II et III correspondent à celles décrites dans le texte et dans la figure 5.

	A	B	C
Gonyaulax diacantha	27	22	79
Alexandrium minutum	17	31	11
Scrippsiaella spp.	141	79	34
Protoperidinium claudicans	13	2	5
Dinophysis spp.	0	0	[illegible]
Cochlodinium sp	9	33	130

Tableau III - Nombre probable de kystes (MPN) par gramme de sédiment superficiel. Baie de Vilaine - Février 1989. Les stations vont de l'estuaire vers l'ouest de la baie dans le sens A, B, C.

Votadinium sont soit très peu représentés dans les échantillons de 1989, soit n'ont pas les conditions idéales de germination puisque *Protoperidinium pentagonum*, *P. oblongum*, *P. compressum*, *Gonyaulax scrippsae* et *G. spinifera* ne sont pas observés par la technique du MPN.

A l'inverse, quelques espèces de dinoflagellés ont été dénombrées ponctuellement après germination et leurs effectifs sont globalement inférieurs à 6 par gramme de sédiment si l'on applique la méthode du MPN. Il s'agit de: *Gonyaulax polyedra*, *G. digitale*, *Protoperidinium minutum*, *P. quinquecorne*, *P. depressum*, *Minuscula bipes*, espèces non détectées en 1986 et 1987 dans les kystes des sédiments.

DISCUSSION

Les études concernant les kystes actuels de dinoflagellés marins sont rares en France, en particulier pour le littoral atlantique. Cependant, des observations de kystes fossiles le long des côtes bretonnes ont été réalisées à plusieurs reprises par Morzadec-Kerfourn (1966, 1976, 1977). Pour ce qui concerne plus particulièrement les sédiments récents des côtes sud bretonnes, cet auteur distingue en zone littorale un faciès estuarien et un faciès côtier dominés respectivement par *Lingulodinium machaerophorum* (kyste de *Gonyaulax polyedra*), et une association *Spiniferites ramosus* et *S. bentori*. Bien qu'il semble acquis que la baie de Vilaine ait été soumise à des remaniements importants des zones envasées depuis 1962 (Lebris, 1985), on peut néanmoins remarquer que les kystes modernes de *G. polyedra* et *G. digitale* ne sont pas détectés l'hiver dans la baie, même en zone estuarienne, par simple examen des sédiments, mais qu'ils sont observables en faible quantité

(moins de 6 cellules.g-1) après germination expérimentale. Dans le cas des kystes de *G. polyedra (Lingulodinium machaerophorum)* qui sont des indicateurs d'apports fluviatiles importants, leur faible représentation parmi les formes actuelles peut éventuellement être rapprochée des modifications sédimentaires de la baie après la mise en oeuvre du barrage d'Arzal. D'une façon plus générale, il semble également que la diversité spécifique hivernale des kystes soit faible ou en tous cas inférieure à ce qui peut être détecté l'été dans des pièges à particule. De plus, l'extension vers la partie interne de la baie de la zone à diversité la plus élevée entre 1986 et 1987 suggère une répartition variable d'une année sur l'autre en fonction des enkystements de forme libre et sans doute aussi des courants de fond importants dans cette baie (Salomon & Lazure, 1988). On doit considérer néanmoins deux assemblages dominants en hiver qui sont respectivement les kystes de *Gonyaulax* spp. et de *Scrippsiella* spp. Pour ce qui concerne les gymnodiniales, les kystes de *Polykrikos* sont les mieux représentés mais la détection par MPN de formes libres et en chaînes de *Cochlodinium* sp. suggère que les kystes correspondant à ce genre n'ont pas été identifiés. De même, les kystes d' *A. minutum*, petite espèce reconnue récemment comme neurotoxique sur le littoral breton (Nezan & Piclet, 1989) sont détectés en baie de Vilaine par MPN mais restent difficiles à identifier dans les sédiments. Enfin, aucune technique ne permet actuellement de mettre en évidence des formes de résistance de *Dinophysis* spp. dans cette zone, que ce soit la germination expérimentale ou l'examen des sédiments. Il faut noter cependant que ce genre atteint rarement plus de 10^4 cellules l^{-1} pendant son maximum saisonnier, ce qui rend hasardeux la recherche d'éventuels kystes, faiblement représentés s'ils existent.

Il serait donc souhaitable de poursuivre ces études, à la fois en augmentant la fréquence des prélèvements hivernaux afin de vérifier des transports de matériel sur les fonds, et en recherchant en période hors hivernale la présence d'autres espèces enkystées. En effet, les résultats obtenus au cours de trois hivers montrent bien la complémentarité des méthodes reposant sur l'examen direct et la germination expérimentale, mais ils indiquent également une faible diversité spécifique par rapport à l'ensemble des espèces de dinoflagellés libres détectés l'été. De ce fait, les travaux ultérieurs devraient s'attacher à discerner les espèces à nombre de période d'enkystement réduit de celles qui peuvent germer plusieurs fois chaque année.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDRESEN-LEITAO M., LASSUS P., MAGGI P., LE BAUT C., CHAUVIN J. et TRUQUET P., 1983 - Phytoplancton des zones mytilicoles de la baie de Vilaine et intoxications par les coquillages. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 46 (3): 233-262.

BARDOUIL M., 1985 - Bilan 1984 de la surveillance phytoplanctonique des zones de bouchots en baie de Vilaine. *Rapport interne IFREMER*. DERO-85-03-MR. 16p.

BLANCO J., 1987 - Efecto de los metales y quelantes sobre la tasa de crecimiento y la produccion de quistes de *Scrippsiella trochoidea*. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 4 (1): 17-20.

DALE B., 1983 - Dinoflagellate resting cysts: "benthic plankton". *In* FRYXELL G.A., *Survival strategies of the algae*. Cambridge Univ. Press. Cambridge (U.K.) pp. 69-136.

DODGE J.D., 1982 - *Marine Dinoflagellates of the British Isles*. H.M.S.O., London, VI + 303p.

DODGE J.D., 1985 - *Atlas of Dinoflagellates. A Scanning Electron Microscope Survey*. Farrana Press, London. 119p.

DREBES G., 1974 - *Marine Phytoplankton. Eine Auswahl der Helgoländer Planktonalgen (Diatomeen, Peridineen)*. Georg Thieme, Stuttgart, VI + 168p.

FUKUYO Y., 1980, 1981 - Cysts of Naked Dinoflagellates. *In Fundamental studies of the Effects of Marine Environment on the Outbreaks of Red Tides* ■ 148-R 14-8: 205-214 (en japonais).

IMAI I., ITOH K. & ANRAKU M., 1984 - Extinction Dilution method for enumeration of dormant cells of red tide Organisms in marine sediments. *Bull. Plankton. Soc. Japan.* 31 (2): 123-124.

LASSUS P., BARDOUIL M., TRUQUET I., TRUQUET P., LEBAUT C. & PIERRE M.J., 1985 - *Dinophysis acuminata* distribution and toxicity along the southern Brittany coast (France): correlation with hydrological parameters. *In* ANDERSON D., WHITE A. & BADEN E. (Eds), *Toxic Dinoflagellates*. Elsevier Science Publ. Co. Inc., pp. 159-164.

LASSUS P., MAGGI P., TRUQUET I., BARDOUIL M. & LARRAZABAL M.E., 1986 - Distribution de *Dinophysis cf. acuminata* et des espèces associées, en baie de Vilaine pendant l'été 1985. *ICES, Mariculture*, CM 1986/L, 5, 17p.

LE BRIS H., 1985 - Evolution de la macrofaune benthique en baie de Vilaine et en rade du Croisic. *Lab. d'Océanogr. Biol., U.B.O Brest*, juin 1985, 23 p.

LEWIS J., TETT P. & DODGE J.D., 1985 - The cyst-theca cycle of *Gonyaulax polyedra (Lingulodinium machaerophorum)* in Creran, a Scottish West Coast Sea-Loch. *In* ANDERSON, WHITE & BADEN (Eds.), *Toxic Dinoflagellates*. Elsevier Science Publ. Co. Inc., pp. 85-90.

MARGALEF R., 1956 - Estructura y dinamica de la "purga de mar" en la Ria de Vigo. *Inv. Pesq.* 5: 113-134.

MATSUOKA K., 1980, 1981 - Dinoflagellate cysts in surface sediments of Omura Bay West Kyushu, Japan. *In Fundamental studies on the effects of Marine Environment on the Outbreaks of Red Tides*. B 148-R. 14-8, pp.197-204. (en japonais).

MERCERON M., 1987 - Mortalités de poissons en baie de Vilaine (juillet 1982). Causes - Mécanismes - Propositions d'action. *Rapport interne IFREMER*. DERO - 87-14-EL. 100p.

MORZADEC-KERFOURN M.-T., 1966 - Etude des Acritarches et Dinoflagellés des sédiments vaseux de la Vallée de la Vilaine aux environs de Redon (Ille-et-Vilaine). *Bull. Soc. Géol. Minéral. de Bretagne*, 1964-1965, nouvelle série (novembre 1966): 137-146p.

MORZADEC-KERFOURN M.-T., 1976 - La signification écologique des dinoflagellés et leur intérêt pour l'étude des variations du niveau marin. *Rev. Micropal.* 18 (4): 229-235.

MORZADEC-KERFOURN M.-T., 1977 - Les kystes de dinoflagellés dans les sédiments récents le long des côtes bretonnes. *Rev. Micropal.* 20 (3): 157-166.

NADAILLAC G. & BRETON M., 1985 - Les courants en baie de Vilaine. Présentation et interprétation des données. *Rapport interne IFREMER*, DERO - 85-08-EL.

NEZAN E. & PICLET G., 1989 - Alerte aux coquillages empoisonnés. *La Recherche* 20 (212): 956-957.

PIERRE M.J. & LASSUS P., 1985 - Perturbations des écosystèmes en baie de Vilaine. Analyse des successions phytoplanctoniques précédant l'apparition d'un dinoflagellé toxique. *Rev. Trav. Inst. Pêches-Marit.* 47: 134-148.

PROVASOLI L., MC LAUGHLIN J.J.A. & DROOP M.R., 1957 - The development of artificial media for marine algae. *Arch. Microbiol.* 25: 392-428.

REID P.C., 1977 - Peridiniacean and Glenodiniacean dinoflagellate cysts from the British Isles. *Nova Hedwigia* 29, "1978" (3-4): 429-463 ("Preprint" 1977).

REID P.C. & HARLAND R., 1977 - Studies of Quaternary dinoflagellate cysts from the North Atlantic. *In* W.C. ELSIK (Ed.). *Contributions of Stratigraphic Palynology 1, Cenozoic Palynology.* Amer. Assoc. Stratigraphic Palynologists Contr. Ser. (5A): 147-169.

SALOMON J.C. & LAZURE P., 1988 - Etude par modèle mathématique de quelques aspects de la circulation marine entre Quiberon et Noirmoutier. *Rapport interne IFREMER. DERO* - 88-26-EL.

SUESS M.J., 1985 - *Examination of water for pollution control. 3: Biological, Bacteriological and virological examination. A reference handbook.* (Suess M.J., Ed.), Pergamon Press. 530p.

PRELIMINARY STUDIES ON THE DISTRIBUTION OF CHAROPHYTES IN SAUDI ARABIA

Talat M. KHOJA and Mohamed I. HUSSAIN

Department of Botany, Faculty of Science,
King Saud University, P.O. Box 2455, Riyadh 11451,
Saudi Arabia.

ABSTRACT - Identification of Charophytes collected from various regions of Saudi Arabia together with detailed bio-ecological data for each taxon was made. Seven *Chara (C. aspera, C. fibrosa, C. globularis, C. setosa, C. vulgaris f. contraria, C. vulgaris* var. *longibracteata, C. zeylanica* var. *diaphana f. oerstediana*) and one *Nitella* are recorded for the first time from Saudi Arabia. The waters were highly calcareous with high Mg^{++}: Ca^{++} ratio and high concentration of HCO_3^- ($\bar{x}$ = 215 $mg.l^{-1}$). Chromosome numbers of most of the taxa are determined.

RÉSUMÉ - La détermination des Charophytes récoltés dans différentes régions d'Arabie Séoudite est présentée avec des données bio-écologiques détaillées pour chaque taxon. Sept espèces de *Chara (C. aspera, C. fibrosa, C. globularis, C. setosa, C. vulgaris* f. *contraria, C. vulgaris* var. *longibracteata, C. zeylanica* var. *diaphana* f. *oerstediana*) et une Nitelle sont signalées pour la première fois en Arabie Séoudite. Les eaux sont très calcaires avec un rapport élevé de Mg^{++}: Ca^{++} et une forte concentration en HCO_3^- ($\bar{x}$ = 215$mg.l^{-1}$). Les nombres chromosomiques de la plupart des taxons sont fixés (traduit par la rédaction).

KEY WORDS : systematic enumeration, *Chara, Nitella,* distribution, Saudi Arabia.

INTRODUCTION

Little or no effort has been devoted to the study of Charophytes and their distribution in Saudi Arabia. However, Proctor (1980) stated about a clone x-575 (n = 14) as a representative *Chara* range in Saudi Arabia. Khoja *et al.* (1984) have recorded the occurrence of *Chara* for the first time in a stream at Al-Bahah in the south-western of the Kingdom. Recently Whitton *et al.* (1986) reported *Chara vulgaris* L. from two sites in the Asir mountains. The present work is undertaken to assess the range of Charophytes in various regions of Saudi Arabia in general and that of Al-Hassa in particular. All taxa have been identified following in general the format of

modern floras such as: Imahori (1954), Pal *et al.* (1962), Wood & Imahori (1964-1965), Corillion & Guerlesquin (1972), Wood (1972), Corillion (1975). It will cover fundamental information whenever possible on the geographical distribution and some physico-chemical characteristics of water.

ENVIRONMENTAL BACKGROUND

Saudi Arabia is characterised by a hot climate. The average annual temperature is about 35.0° in summer and 25.0°C in winter, but there are wide variations. For example, inland temperatures range from below zero at night to a maximum of 50.0°C during summer. Records of water temperature of study area are not included, because of the varying times of day; the values ranged from 20.0°C at Al-Bahah to 30.0°C at Al-Hassa and Qasseem. Rainfall in the upper two thirds of the Kingdom is scanty, unpredictable and irregular. The average annual rainfall varies from 40.0mm to 90.0mm which is unsufficient to meet the needs of agriculture.However, it is not uncommon to find oases and wadi channels scattered throughout the country where springs and shallow ground water are available. For example, there are about 162 artesian springs in Al-Hassa oases and the land under cultivation is about 8,000ha. The irrigation water is saline (Hussain, 1978). The climate in south-western Saudi Arabia is completely different. The annual rainfall exceeds 300mm and in some areas it is as much as 700mm (for references see Vesey-Fitzgerald, 1955; Dreaver *et al.*, 1981; Brooks & Mandil, 1983). Different stream systems occur in the region with conspicuous algal growth (Whitton *et al.*, 1986).

MATERIAL AND METHODS

Samples were collected from natural habitats and included for all of the species is a map showing its distribution in the Kingdom (Fig. 1). Details of habitats and the ecology of individual taxon is dealt with after each description in the systematic enumeration. The material collected was preserved in 3% formalin for identification purpose. The rest of the material was fixed in the fixing solution of 3 parts of absolute alcohol and 1 part of acetic acid. Encrusted species were decalcified before preservation and fixation with 10% nitric acid until the bubbling ceases. Plants were washed free of acid with distilled water. The modified iron alum acetocarmine method of Godward (1966) was adapted for cytological investigation and chromosome counts were made from the treated antheridial filaments and young branchlets at metaphase and anaphase stages. Temperature and pH were determined in the field for each site of collection. Cations and anions were analysed following the methods described by Whitton *et al.* (1986), using a SP 9 Pye Unicam atomic absorption spectroscopy and a Hach (DR-EL/2) portable spectrophotometer. Titrimetric analysis of total alkalinity (as $CaCO_3$),

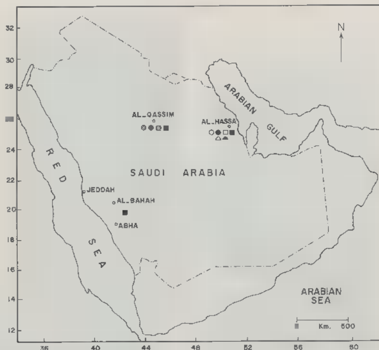


Fig. 1 - Map of Saudi Arabia showing the distribution of various species recorded: o *Chara aspera* Deth. ex Willd., ⊙ *C. fibrosa* Ag. ex Bruz., em. R.D.W., ● *C. globularis* Thuill., em. R.D.W., □ *C. setosa* Klein ex Wild., ▨ *C. vulgaris f. contraria* (A. Br. ex Kütz., pro parte) R.D.W., ■ *C. vulgaris* var. *longibracteata* (Kütz. in Reich.) H. et J. Groves, △ *C. zeylanica* var. *diaphana f. oerstediana* (A. Br.) R.D.W., ▲ *Nitella* sp.

HCO_3^- and CO_3^{--} were also made. All tests were repeated twice and additional tests were performed whenever, any anomalous results were obtained. The materials were photographed by a Wild stereoscopic photomicroscope.

SYSTEMATIC ENUMERATION

***Chara aspera* Deth. ex Willd. (Figs. 2 et 3)**

Plants dioecious, 20cm high, slightly encrusted. Axes 450μm in diameter; cortex triplostichous, tylacanthous. Spine-cells solitary, long or short and rarely geminate, enbulging at the bottom and tapering towards apex. Stipulodes diplostephanae, both whorls almost equally developed. Branchlets









Fig. 2 et 3 - *C. aspera* Deth. ex Willd., Fig. 2. Upper part of plant, showing cortication, stipulodes, antheridium and pattern of shield cell. Fig. 3. Main axis, showing geminate spine-cells. - Fig. 4. *C. vulgaris f. contraria* (A. Br. ex Kütz., proparte) R.D.W.,showing branchlet with conjoined gametangia, ecorticated upper most segments and reduced end cell. - Fig. 5. *C. vulgaris* var. *longibracteata* (Kütz. in Reich.) H. et J. Groves, showing indispensable variations single, double, irregular and short stipulodes.

6-8 in a whorl, spreading incurved, diplostichous; segments 4-6 of which the ultimate 1-2 are ecorticated. Bract cells 5-6 in number, lateral and anterior

longer than oogonium. Antheridium and oogonium solitary at the lowest 3-4 nodes, oogonium 680μm long and antheridium 450μm in diameter.

Habitat: In a slow-moving water of drainage ditch about 0.5m deep; muddy bottom. The robust plant was found in the community of *C. vulgaris*, where the latter was dominant flora, giving an impression of underwater meadows. When the plants were pluck out of their habitat, the extensive rhizoidal anchoring system remained behind and a few entire rhizobenthos found along the bunch. *C. aspera* was found at one of such hard to access site with quick sand at the bottom. The plant had no bulbils on the rhizoids. pH 7.5; $CaCO_3$ 620 ppm; Al-Hassa; October, 1986.

Chromosome number: n = 14

Remarks: Good agreement exists between the material and that described by Pal *et al.* (1962).

Chara fibrosa **Ag. ex Bruz., em. R.D.W.**

Plants monoecious, 6-8cm high, encrusted. Axes 450μm in diameter; cortex diplostichous. Spine-cells solitary, up to 600μm long. Stipulodes haplostephanae. Branchlets 8-10 in a whorl 1.55-2cm long; segments 1-4 all ecorticated. Bract cells 4-6 verticillate. Bracteoles 2-3, exceeding more than oogonium; gametangia sejoined; oogonia 500-700μm long; convolutions 6-10. Oospores golden brown 500μm long.

Habitat: Few plants found in a pool in an agricultural field. pH 7.8; $CaCO^3$ 850 ppm; Qasseem; October, 1986.

Chromosome number: n = 14.

Remarks: This is the only material with completely naked branchlet from this country.

Chara globularis **Thuill., em. R.D.W.**

Plants monoecious, 20-25cm high, heavily encrusted and brittle. Axes 570μm in diameter; cortex triplostichous, isostichous. Spine-cells solitary rarely properly developed or rudimentary. Stipulodes diplostephanae usually not prominent or only a tier developed. Branchlets 8-9 in a whorl, number of segments 8-9 of which the apical 1-3 segments are ecorticated. Bract cells 5-7, bracteoles 2. Oogonium 800μm long and 580μm wide. Antheridium 400μm in diameter. Oospores orange and visually noticeable to the naked eyes.

Habitat: In an agricultural field about 0.5m deep pool; clear standing water, muddy bottom; pH 7.8; $CaCO_3$ 780 ppm; Al-Hassa, March, 1986. It was also found in Qasseem.

Chromosome number: n = 28.

Remarks: The material corresponds morphologically with the description of Australian material by Wood (1972) and of Japan fig. 63 given by Imahori (1954). The stipulodes are obscure as in var. *globularis*; but in the same plant the apical shoots have both the tiers also developed which reflects the features of var. *leptosperma*. The conflicting characters may have developed because of the local ecological factors.

Chara setosa **Klein ex Willd.**

Plants monoecious, 5-8cm high, moderately encrustred. Axes 450μm in diameter; cortex triplostichous, isostichous. Spine-cells well developed. Stipulodes in 2 tiers. Branchlets 6-8 in a whorl; segments 5-8, basal segments swollen and its cortex discoloured, remaining segments corticated or some times terminal segments ecorticated. Gametangia conjoined at the basal branchlet nodes. Oogonium 600μm long and 500μm wide. Antheridium 300μm in diameter; oospores 600-630μm long and 400-450μm wide.

Habitat: In a swallow pool, off main drainage ditch; muddy bottom; pH 7.8; $CaCO_3$ 785 ppm; Al-Hassa; March, 1986.

Chara vulgaris **f.** ***contraria*** **(A. Br. ex Kütz., pro parte) R.D.W. (Fig. 4)**

Plants monoecious, varying in length, 15-25cm high, highly encrusted, olive-green. Axes 400-450μm in diameter; cortex diplostichous. Spine-cells solitary, inconspicuous. Stipulodes in two tiers, almost equally developed, short or obtuse. Branchlets 8-10 in a whorl, up to 4cm long; basal segments 4-5 diplostichous or triplostichous, tylacanthous remainder 2-3 apical segments ecorticated. Gametangia conjoined, oogonia 600-700μm long, black or brown with 10-15 convolutions; antheridia 300-350 μm in diameter.

Habitat: In an irrigation canal about 0.5m deep; pH 7.7; $CaCO_3$ 690 ppm; Qasseem; March, 1986.

Remarks: The material is in good agreement with icon number (7) of Wood & Imahori (1964).

Chara vulgaris **var.** ***longibracteata*** **(Kütz. in Reich.) H. et J. Groves (Fig. 5)**

Plants monoecious, 20-30cm high, texture coarse and brittle; odoriferous, heavily to moderately encrusted; gray-green. Axes 600μm in diameter; cortex diplostichous, aulacanthous. Spine-cells rudimentary. Stipulodes diplostephanae. Branchlets 8-10 in a whorl corticated and ecorticated diplostichous but few almost naked branchletsalso exist. Bract cells 8-10 in number, bracteoles 6-8 times longer than oogonium. Gametangia conjoined; oogonium 690μm long; antheridium 440μm in diameter.

Habitat: In a clear water pool about 0.5m deep; pH 7.9; $CaCO_3$ 880 ppm; Al-Hassa; March, 1986. It was also collected from Al-Bahah and Qasseem.

Chromosome number: n = 28.

Remarks: This plant was collected from the main drainage canal at Al-Hassa, covering an area of ca. 0.5 sq.m. Heavy deposition of calcite, which causes the plant to sink under the weight was almost a unit vegetation. Wood & Imahori (1965) reported the occurrence of *C. vulgaris* in a single pool, which may be uniform and could be considered as a unit species. Another collection was also made from the same region where plentiful dessicated plants at a dried pool, presumably changed the soil structure to almost marl, due to the heavy deposition of $CaCO_3$ over the plant body. Good agreement exist between this plant and plates I figure i and VII figure f of the monographs by Corillion & Guerlesquin (1972) and Corillion (1975) respectively.

***Chara zeylanica* var. *diaphana* f. *oerstediana* (A. Br.) R.D.W. (Fig. 6 et 7)**

Plants monoecious, 8cm high, moderately encrusted, rarely lacking calcification. Axes 600-700μm in diameter; cortex regularly triplostichous, isostichous. Spine-cells up to 400μm long, solitary. Stipulodes in 2 tiers, well developed in both rows; upper half longer than the lower ones. Branchlets 8-9 in awhorl 3.5-4cm long, basal segments ecorticated 600-700μm long, branchlets partially corticated, a few totally ecorticated, mostly ultimate 1-2 segments are ecorticated.

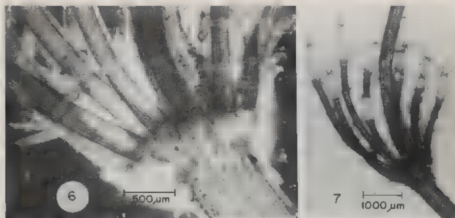


Fig. 6 et 7. *C. zeylanica* var. *diaphana f. oerstediana* (A. Br.) R.D.W., Fig. 6. showing ecorticated gymnopodial basal segments. Fig. 7. whorl of branchlets, showing corticated and ecorticated mixed segments.

Habitat: In an irrigation canal about 0.75m deep, muddy bottom; the plant grows almost as a unit vegetation; pH 7.9; $CaCO_3$ 910 ppm; Al-Hassa; March, 1986.

Remarks: The plants at a glance has a close resemblance in general with the form *depauperata* of icon number (106) of Wood & Imahori (1964), but detailed studies clear the confusions. When spores were inoculated in the laboratory, they grew to robust plant with little calcite deposited, but no fruit bearing plants were achieved. The ecorticated embulged segments of branchlet have broader diameter than the ecorticated segments. This is in good agreement with the form of Wood & Imahori (1964) of Icones (104) and 105). Variation lies with attenuated branchlets, the present material differs in having non attenuated ultimate segments, perhaps as a geographical or regional variation.

Nitella **sp.**

Plants not fertile, 1.5-3cm high, encrusted. Axes slender 200μm in diameter. Branchlets 5-6 in a whorl, furcate, Dactyls 3-5, end cell conical.

Habitat: In a shallow ditch in an agricultural field; pH 7.9; $CaCO_3$ 755 ppm; Al-Hassa; March, 1986.

Remarks: The plant was very small, encrusted, intermingled and entangled within ■ collection of chareae. It represented difficulties in identification, fertile plant was not found and records of other collections for comparative study were inadequate to make clarifications. However, the authors resolve the plant upto the genus level.

DISCUSSION

The majority of charophytes were found in Al-Hassa oases, with *Chara vulgaris* f. *contraria*, *C. vulgaris* var. *longibracteata*, *C. globularis* and *C. zeylanica* var. *diaphana* f. *oerstediana* the most abundant species at all sites studied. At certain sites charophytes were found to be dominant vegetation in muddy canals while at other sites they grew in agricultural fields in association with aquatic angiosperms: *Bacopa monnieri* (L.) Pennell, *Veronica anagallisaquatica* L. *Ranunculus aquatilis* L., *Poa annua* L., *Potamogeton trichodes* Cham. et Schecht, *Ceratophyllum demersum* L., *Phragmites australis* Trin. ex Steudel, *Typha domingensis*, (Pers.) Steudel, *Juncus* sp. Most of the taxa found in Al-Hassa occur in Qasseem, suggesting that most likely they share similar water chemistry.The waters of Al-Hassa are highly calcareous with high Mg^{++} : Ca^{++} ratio (mean of 0.38 on a molar basis), calcium rich, Ca^{++} ($\bar{x}$ = 320mg.l^{-1}) and have high HCO^-_3 ($\bar{x}$ = 215mg.l^{-1}) see Table I. Carbonate was also recorded in higher values, CO^{--}_3 ($\bar{x}$ = 50mg.l^{-1}), in a muddy ditch occupied by chareae and associated with dense masses of *Spirogyra*.

Wood & Imahori (1965) reported that *C. vulgaris* is highly polymorphic plant having varied degree of variations, out of the 22 forms they described two forms: var. *longibracteata* and *f. contraria* are commonly distributed in most parts of Saudi Arabia. There is no obvious indication why the charophyte flora are not widely distributed in the Asir mountains. Previous study of the water chemistry and algal vegetation of the region (Whitton *et al.*, 1986) showed that concentration of soluble reactive phosphate was above the detection limit ($0.02 mg.l^{-1}$) for only one analysis out of nine (table I). Charophyte flora was reported to decline with increase of eutrophication in a lake in Norway, combined with intense growth of *Elodea canadensis* (Langangen, 1974). Perhaps other features of the environment do not favour the distribution of charophytes in the Asir mountains.

Table I - Analysis of Al-Hassa water at two sites, sampled on 20th March, 1986. Concentrations of elements as mg/l, SRP = soluble reactive phosphate.

Ions or Elements	Irrigation canal	Drainage canal
Na^+	338	706
K^+	25	34
Mg^{++}	46	98
Ca^{++}	180	460
CO^{--}_3	-	36
HCO^-_3	120	310
SO^{--}_4	204	418
Cl^-	549	878
$N(NH_3)$	0.10	0.81
$N(NO^-_3)$	0.30	2.8
SRP	0.02	0.06

The genus *Nitella* was found only at one site in Al-Hassa, although it is said to be cosmopolitan in distribution in all temperate and tropical areas (see Wood & Imahori, 1965). Perhaps its distribution is restricted in this country, primary because of the habitat. Most species of *Nitella* seem to occur in pH values 6-7 and soft water, rather than higher pH and hard water (see Wood, 1952).

Acknowledgements

The authors are indebted to Mrs Dr. M. Guerlesquin for supplying some specimens for comparative purposes and for her helpful suggestions and comments. They also wish to thank Dr. H.M. Hassan for identifying the aquatic angiosperms. This research (Bot/1402/19) was supported by the Research Center, College of Science, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia.

REFERENCES

BROOKS W.H. & MANDIL K.S.D. - 1983 - Vegetation dynamics in the Asir woodlands of south-western Saudi Arabia. J. Arid. Envir. 6: 357-362.

CORILLION R., 1975 - *IV. Flore des Charophytes (Characeae) du Massif Armoricain et des contrées voisines d'Europe occidentale.* Paris, Jouve, 216p.

CORILLION R. & GUERLESQUIN M., 1972 - Recherches sur les Charophycées d'Afrique occidentale (systématique, phytogéographie et écologie, cytologie). *Bull. Soc. Sci. Bret.* 47, fasc. h. s., 169 p.

DREAVER K.R., ASSEED M.S., MAKKI Y.M. & TURJOMAN A.M., 1981 - Investigation of the agroclimate and model formulation in Al-Hassa. *Proc. Saudi Biol. Soc.* 5: 35-48.

GODWARD M., 1966 - *The chromosomes of the algae.* London, Edward Arnold Publishing Co. 212p.

HUSSAIN Z., 1978 - Land and water use in Saudi Arabia. *World Crops* 30: 58-61.

IMAHORI K., *Ecology, phytogeography and taxonomy of the Japanese Charophyta.* Otto Koeltz Science publishers, D-624 Koenigstein, W. Germany, 235p.

KHOJA T.M., MADY M. & HUSSAIN M.I., 1984 - Fresh water algae from Saudi Arabia, Blue-green algae (Cyanobacteria), Chlorophyta and Bacillariophyta. *J. Coll. Sci. King Saud University*, 15: 113-125.

LANGANGEN A., 1974 - Ecology and distribution of Norwegian charophytes. *Norw. J. Bot.* 21: 31-52.

PAL B.P., KUNDU B.C., SUNDARALINGAM V.S. & VENKATARAMAN G.S., 1962 - *Charophyta.* Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, 130p.

PROCTOR V.W., 1980 - Historical Biogeography of *Chara* (Charophyta): An appraisal of the Braun-Wood classification plus a falsifiable alternative for future consideration. *J. Phycol.* 16: 218-233.

VESEY-FITZGERALD D.G., 1955 - The vegetation of the Red Sea Coast south of Jedda, Saudi Arabia. *J. Ecol.* 43: 477-489.

WHITTON B.A., KHOJA T.M. & ARIF I.A., 1986 - Water chemistry and algal vegetation of streams in the Asir mountains, Saudi Arabia. *Hydrobiologia* 133: 97-106.

WOOD R.D., 1952 - An analysis of ecological factors in the occurrence of Characeae of the Woods Hole region, Massachusetts. *Ecology* 33: 104-109.

WOOD R.D., 1972 - *Characeae of Australia. Nova Hedwigia* 22: 1-120.

WOOD R.D. & IMAHORI K., 1964-1965. *A revision of the Characeae. Vol. I: Monograph,* 1965, 904p., *Vol. II: Iconograph,* 1964, 395 pl., Cramer, Weinheim.

LAURENCIA BRONGNIARTII (RHODOPHYTA, CERAMIALES) EN RADE DE BREST, ESPÈCE NOUVELLE POUR LES CÔTES EUROPÉENNES.

Jacqueline CABIOCH*, Marie-Claude NOAILLES** et Jean-Claude THOMAS**

* Station Biologique, B.P. 74, 29682 Roscoff Cedex, France.
** Laboratoire des Biomembranes et Surfaces Cellulaires Végétales, Ecole Normale Supérieure, 46 rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05.

RÉSUMÉ - Des spécimens bien développés et fertiles de *Laurencia brongniartii* J.Ag. ont été récoltés en rade de Brest, sur des rochers infralittoraux. Décrite des Caraïbes, l'espèce est connue également d'Indonésie, d'Australie et du Japon. Sa première récolte sur les côtes européennes laisse supposer une installation en cours, dont l'origine demeure énigmatique.

ABSTRACT - Several well-developed and fertile specimens of *Laurencia brongniartii* J. Ag. have been observed in the Bay of Brest, growing on rocks in the sublittoral zone. This caribbean species has been recorded from Indonesia, Australia, the tropical Atlantic Ocean and Japan. Its first observation on the european coasts suggests a recent settlement, the origin of which remains enigmatical.

MOTS CLÉS : *Laurencia*, new record, european coasts.

INTRODUCTION

Au cours d'une marée basse de fort coefficient, à l'Anse du Caro (rade de Brest), en avril 1989, nous avons eu l'occasion de récolter trois thalles d'un *Laurencia* qui, tant par sa forme que par sa couleur et sa consistance, se confond aisément sur le terrain avec le *Gelidium sesquipedale* (Turner) Thuret (Fig. 7). Deux de ces thalles étaient fertiles et producteurs de tétraspores. Les caractères de ce *Laurencia* permettent de le rapporter au *L. brongniartii* J. Ag., espèce connue jusqu'à présent de l'Atlantique tropical (Taylor, 1960; Lawson & John, 1982), d'Australie, d'Indonésie et du Japon (Saito & Womersley, 1974).

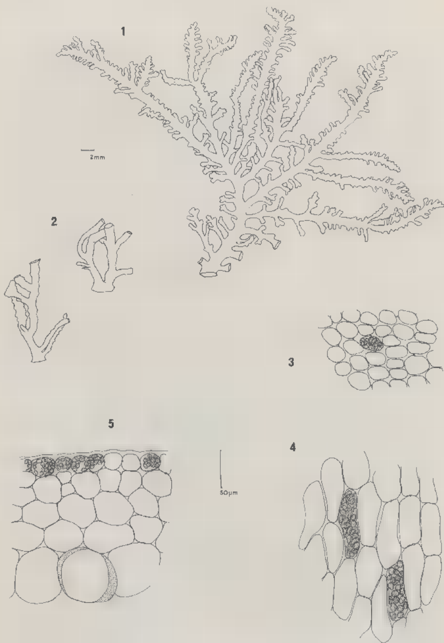


Fig. 1-5: *Laurencia brongnartii* de la rade de Brest. - 1: aspect d'ensemble de la moitié supérieure d'un thalle. 2: bases. 3: vue superficielle des cellules corticales externes dans une région jeune. 4: id. dans une portion basale. 5: coupe transversale dans une région moyenne.

L'Anse du Caro est une région très régulièrement prospectée par les phycologues et la découverte de cette espèce très caractéristique, et fertile de surcroît, laisse supposer une installation récente. Nous donnons ici une brève description de nos spécimens (collection J. Cabioch n° 2-3-42-CD1) afin de faciliter la reconnaissance éventuelle de l'espèce en d'autres points des côtes européennes.

DESCRIPTION

Morphologie externe

Les thalles (Fig. 1, 2, 6, 8), de couleur rouge sombre, ont de 8 à 10cm de haut. Ils sont ramifiés dans un plan. Les rameaux principaux sont aplatis et de forme spathulée. Ils portent de courts ramules terminaux de 1 à 2mm de long et à disposition pennée. Ceux-ci ne sont généralement pas aplatis mais cylindriques. La base du thalle est également cylindrique sur 1cm de haut. La prédominance de ces rameaux principaux spathulés et la couleur rouge sombre des thalles distingue nettement ces Algues des autres *Laurencia* aplatis des côtes européennes: *L. platycephala* Kützing et *L. pinnatifida* (Hudson) Lamouroux (Magne, 1980).

En vue microscopique superficielle (Fig. 3, 4), les cellules corticales externes ont, dans les régions apicales jeunes, une forme nettement ovoïde arrondie et mesurent 20-30μm de long et 10-15μm de large. Dans les régions basales elles sont allongées parallèlement à l'axe et mesurent 70 à 90μm de long et 30μm de large. Ces cellules superficielles sont reliées entre elles par des synapses secondaires.

Anatomie

En section transversale (Fig. 5), l'organisation apparaît compacte, avec des espaces intercellulaires réduits. Les cellules superficielles sont isodiamétriques et non saillantes. Des épaississements membranaires relativement peu nombreux et d'importance variable s'observent dans les cellules médullaires.

Reproduction

Les deux thalles fertiles sont des tétrasporophytes. Ils sont caractérisés par la transformation des rameaux courts terminaux en stichidies porteuses de tétrasporocystes. Ceux-ci, disposés selon le mode parallèle et abaxial défini par Saito (1967), ont 80 à 90μm de diamètre. Les stichidies, qui ne se distinguent pas à première vue des rameaux courts habituels, ont de 1 à 2mm de long et 600 à 700μm de large.

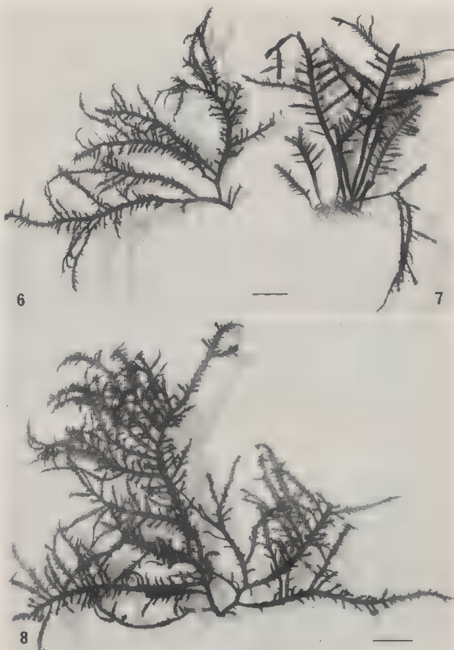


Fig. 6-8: morphologies comparées de *Laurencia brongniartii* (6 et 8) et *Gelidium sesquipedale* (7) des côtes bretonnes (Echelle = 1cm).

Biologie

L'espèce a été récoltée en Avril, fixée sur des rochers infralittoraux exceptionnellement découverts, au milieu d'un peuplement de Rhodophycées. L'Anse du Caro est caractérisée par une forte richesse spécifique malgré son mode abrité et la forte turbidité de ses eaux.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les caractères morphologiques, anatomiques et reproducteurs des échantillons de l'Anse du Caro permettent de les rapporter, dans l'état actuel des connaissances, au *Laurencia brongniartii* J. Ag. Nous avons pu les comparer aux spécimens conservés dans l'herbier du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris et en particulier à l'isotype sans toutefois qu'une observation microscopique correcte soit possible. La définition de l'espèce a donné lieu à de nombreux remaniements (Yamada, 1931) et discussions (Papenfuss, 1943; Saito & Womersley, 1974) dont nous suivons ici les conclusions. Les caractères de nos échantillons correspondent exactement à la description la plus récente donnée de l'espèce par Saito & Womersley (1974).

L. brongnartii est une espèce décrite de la Martinique; elle n'est, semble-t-il, cependant pas très abondante dans les Caraïbes (Taylor, 1960). Malgré une relative rareté, elle paraît actuellement avoir une distribution assez vaste. Elle est connue du Japon, d'Indonésie, de l'Atlantique tropical (Caraïbes et Afrique de l'Ouest), ainsi que d'Australie. Par rapport aux diverses descriptions données dans la littérature, les échantillons de la rade de Brest paraissent particulièrement bien développés.

La distribution mondiale de l'espèce ne permet pas d'avancer pour l'instant d'hypothèse sur sa provenance. Il convient cependant de rappeler que la rade de Brest est riche en installations ostréicoles. La découverte du *L. brongniartii* sur les côtes bretonnes peut être rapprochée de celle du *Mesothamnion caribaeum* Boergesen (Ardré *et al.*, 1982), également décrit des Caraïbes, mais aussi connu du Japon.

D'autres installation récentes d'espèces demeurent actuellement toujours aussi énigmatiques, telles celle du *Porphyra yezoensis* Ueda en Mer du Nord (Kornmann, 1986), celle du *Lomentaria hakodatensis* Yendo (Cabioch & Magne, 1986) et du *Caulacanthus ustulatus* (Mertens) Kützing (Rio & Cabioch, 1988) sur les côtes de Bretagne.

REMERCIEMENTS. - Les auteurs remercient vivement Françoise Ardré (M.N.H.N.) qui leur a donné accès aux échantillons conservés dans l'Herbier du Museum.

BIBLIOGRAPHIE

ARDRÉ F., L'HARDY-HALOS M.T. & SALDANHA L., 1982 - Observations nouvelles sur la morphologie et la répartition géographique de trois Céramiales: *Ceramium cinnabarinum, Mesothamnion caribaeum* et *Ctenosiphonia hypnoides*. *Cryptogamie, Algol.* 3: 1-20.

CABIOCH J. & MAGNE F., 1987 - Première observation du *Lomentaria hakodatensis* (Lomentariaceae, Rhodophyta) sur les côtes françaises de la Manche (Bretagne occidentale). *Cryptogamie, Algol.* 8: 41-48.

KORNMANN P., 1986 - *Porphyra yezoensis* bei Helgoland - eine Entwicklungsgeschichtliche Studie. *Helgoländer Wiss. Meeresuntersuch.* 40: 327-342.

LAWSON G.W. & JOHN D.M., 1982 - The marine algae and coastal environment of tropical west Africa. *Beih. Nova Hedwigia*, 455 p.

MAGNE F., 1980 - *Laurencia platycephala* Kützing (Rhodophycée), espèce méconnue des côtes de la Manche. *Cah. Biol. Mar.* 21: 227-237.

PAPENFUSS G.F., 1943 - Notes on South African marine algae II. *J. South African Bot.*, 9: 79-92.

RIO A. & CABIOCH J., 1988 - Apparition du *Caulacanthus ustulatus* (Rhodophyta, Cryptonemiales) dans la Manche occidentale. *Cryptogamie, Algol.* 9: 231-234.

SAITO Y., 1967 - Studies on japanese species of *Laurencia*, with special reference to their comparative morphology. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 15: 1-81.

SAITO Y. & WOMERSLEY H.B.S., 1974 - The southern australian species of *Laurencia* (Ceramiales: Rhodophyta). *Austral. J. Bot.* 22: 815-874.

TAYLOR W.R., 1960 - Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas. *Univ. Mich. Press*, 870p.

YAMADA Y., 1931 - Notes on *Laurencia*, with special reference to the japanese species. *Univ. Calif. Publs. Bot.* 16: 185-311.

QUELQUES *PERIDINIUM* EHRBG. (ALGAE, PYRRHOPHYTA) D'EAU DOUCE ÉTUDIÉS AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE A BALAYAGE

Alain COUTÉ* et Guillermo TELL**

* Laboratoire de Cryptogamie, Muséum National d'Histoire naturelle, 12 rue Buffon, 75005 Paris, France.
**Depto. Ciencias Biologicas, Fac. Ciencias Exactas y Naturales, 1428 Buenos Aires, Argentine.

RÉSUMÉ - Les auteurs étudient, à l'aide du microscope électronique à balayage, huit taxons d'eau douce du genre *Peridinium*, provenant de différentes régions du globe. Six planches avec 46 électronographies précisent la morphologie et la tabulation de ces Dinophycées. Pour certains exemplaires, des variations de forme et de disposition des plaques sont mises en évidence.

ABSTRACT - The authors study, with the aid of the scanning electron microscope, eight freshwater taxa belonging to the genus *Peridinium* collected from different parts of the world. Six plates containing 46 S.E.M. photographs depict the morphology and the distribution of the thecal plates of these Dinophyceae. Variations in the shape and disposition of the plates of certain specimens are presented and also discussed.

MOTS CLÉS : Dinophyceae, eau douce, M.E.B., morphologie, tabulation.

INTRODUCTION

Le genre *Peridinium* a été décrit en 1830 par Ehrenberg avec l'espèce type *cinctum*. Ce genre caractérisé par une thèque faite de plaques soudées les unes aux autres est généralement difficile à étudier au microscope photonique. Le premier travail à l'aide du microscope électronique à balayage (= M.E.B.) ayant porté sur des échantillons d'eau douce a été réalisé par Boltovskoy (1973) avec *Peridinium gatunense* Nygaard récolté en Argentine. Depuis, plusieurs études (Boltovskoy (1975, 1976, 1983); Iltis & Couté (1984); Couté & Iltis (1984); Dodge (1985); Hickel & Pollingher (1988); Ling, Croome & Tyler (1989)) se sont intéressées à d'autres espèces

d'eau douce du même genre provenant respectivement d'Allemagne, d'Argentine, de Bolivie, du Brésil, de Côte d'Ivoire, de Grande-Bretagne, d'Israël et de Tasmanie. Elles ont apporté des informations très importantes sur la tabulation, la morphologie des plaques, l'ultrastructure de l'ornementation pariétale et, dans certains cas, sur le sulcus et le cingulum.

Jusqu'à présent, dix-sept espèces et deux taxons infraspécifiques ont déjà fait l'objet d'observations pour les eaux douces (*P. africanum* Lemmermann, *P. bipes* Stein, *P. bipes* fo. *apoda* Boltovskoy, *P. borgei* (Lemmermann) Lemmermann, *P. centenniale* (Playfair) Lefèvre, *P. cinctum* (Müller) Ehrenberg, *P. crenulatum* Couté et Iltis, *P. cunningtonii* (Lemmermann) Lemmermann, *P. gatunense* Nygaard, *P. inconspicuum* Lemmermann, *P. lomnickii* Woloszinska, *P. penardii* (Lemmermann) Lemmermann, *P. pseudointermedium* Couté et Iltis, *P. striolatum* Playfair, *P. umbonatum* Stein, *P. umbonatum* var. *inaequale* Lemmermann, *P. volzii* Woloszinska, *P. wierzejskii* Woloszinska, *P. willei* Huitfeldt-Kaas).

Disposant de matériels d'origines diverses et abondants, il nous a semblé intéressant d'élargir la connaissance de ce genre qui comprend, pour les eaux douces, environ quarante espèces.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les origines des échantillons étudiés dans ce travail sont précisées dans le chapitre "RÉSULTATS" à la fin de chaque description.

Dans tous les cas, les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un filet à plancton de 25µm de vide de maille. Ils ont été fixés au formaldéhyde en solution aqueuse à 5%. Les cellules ont ensuite été isolées à la micropipette puis déshydratées à l'éthanol. Elles ont subi la technique du point critique avec l'acide carbonique liquide comme dernier milieu. Après montage sur le porte-objet couvert d'adhésif double face et métallisation à l'or et au palladium, les organismes ont été examinés à l'aide des microscopes électroniques à balayage CAMBRIDGE 600 (Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle) et JEOL 840 A (Service Commun des laboratoires des Sciences de la Vie du Muséum National d'Histoire Naturelle).

RÉSULTATS

***Peridinium bipes* Stein (1883) var. *bipes* fo. *bipes* (pl. 1, fig. 1à 4)**

La morphologie et les dimensions de l'exemplaire que nous présentons correspondent parfaitement à la description donnée par Lefèvre (1932).

L'épithèque montre la tabulation suivante: 4'-3a-7'' (pl. I, fig. 1) tandis que celle de l'hypothèque est: 5'''-2'''' (pl. I, fig. 2).

Selon Lefèvre (loc. cit.), l'ornementation des plaques est "fortement aréolée en mailles de filet, souvent concaves". Nos observations en microscopie électronique à balayage confirment ce fait et mettent en évidence la surface externe de la thèque avec un réseau de crêtes en relief (pl. I, fig. 4) qui lui donne un aspect aréolé. La paroi de chacune des aréoles est perforée de un à trois pores (diamètre: 0,5μm).

L'hypothèque de nos exemplaires est caractéristique par la présence de deux prolongements hyalins, à contour triangulaire, des plaques antapicales, situés de part et d'autre de l'extrémité postérieure du sillon sulcal (pl. I, fig. 3, flèches). Dodge (1985, p. 35) publie une électronographie d'un échantillon chez lequel ces excroissances de l'hypothèque sont très peu développées. Boltovskoy, pour sa part, a créé, après une étude morphologique et ultrastructurale précise, une nouvelle forme, *P. bipes* var. *bipes* fo. *apoda* (1976) différant du type de l'espèce par l'absence de ces prolongements des plaques antapicales.

Au vu de ces résultats, on peut penser que le développement de ces très fines structures des plaques antapicales est un caractère variable. S'il en était ainsi, il faudrait corriger la diagnose de l'espèce type dont le nom "*bipes*" fait référence à ces formations.

Lieu de récolte: France, petit bassin, Foljuif (1987, 1988, janvier).

***Peridinium cinctum* (Müller) Ehrenberg (1830) var. *cinctum* fo. *cinctum* (pl. I, fig. 5 à 8)**

La morphologie de nos cellules, tant par les vues apicales (pl. I, fig. 5 et 6) que par les vues faciales (pl. I, fig. 7 et 8) correspond exactement à la description donnée par Lefèvre pour cette espèce (1932, p. 83 à 85).

Les tabulations de l'épithèque (4'-3a-7'') et de l'hypothèque (5'''-2'''') sont également en accord avec celles du type de l'espèce (pl. I, fig. 5 et 6).

Le M.E.B. révèle l'ornementation thécale constituée par un réseau de côtes en relief délimitant des aréoles perforées de un à deux pores.

Cette espèce cosmopolite a déjà été étudiée en détail à l'aide des microscopes photonique et électronique à balayage par Boltovskoy (1975) sur des échantillons récoltés en Argentine.

Lieu de récolte: France, mares, parc de la Vanoise (1981) et Argentine, étang près de San Miguel de Tucuman (1979).

Peridinium gatunense **Nygaard (*in* Ostenfeld & Nygaard, 1925) var. *gatunense* fo. *gatunense* (pl. II, fig. 1 à 6; pl. III, fig. 1 à 4)**

Nos exemplaires correspondent parfaitement, par leur contour et leurs dimensions, à celui représenté par Lefèvre (1932, p. 95, fig. 273 à 276). La tabulation de l'épithèque (4'-3a-7'') et celle de l'hypothèque (5'''-2'''') sont conformes à celles du type de l'espèce (pl. III, fig. 1 et 2).

Le microscope électronique à balayage montre une ornementation thécale réticulée (pl. III, fig. 4) avec des crêtes en relief lui conférant un aspect aréolé. Chaque aréole présente un à trois pores (diamètre: 0,5 μm). Les sutures striées qui relient les plaques entre elles sont larges (2-2,5μm), fait caractéristique d'exemplaires âgés (pl. II, fig. 2, 3 et 5; pl. III, fig. 3 et 4).

Boltovskoy a étudié en détail cette espèce à partir d'échantillons récoltés dans différents lacs de barrage d'Argentine (1973) et dans le lac Kinneret en Israël (1983). Ses images, obtenues à l'aide du M.E.B., mettent en évidence la variabilité de la tabulation qu'il définit, pour sa part, comme un phénomène tératologique. Chez nos exemplaires, nous n'avons jamais rencontré ces anomalies, par contre nous avons pu, sur des vues d'épithèques différentes (pl. II, fig. 1-2 et pl. III, fig. 1), noter une certaine variabilité de la morphologie des plaques. Dans leur travail comparatif entre des échantillons de cette même espèce provenant d'Israël (récoltés dans la nature et cultivés) et du Brésil, Hickel & Pollingher (1988) se sont tout particulièrement intéressées à cette variabilité.

Couté & Iltis (1984) ont trouvé cette espèce en Côte d'Ivoire mais n'en ont fourni que des dessins (p. 62, pl. VI, fig. 26 à 29).

Lieu de récolte: Argentine, mares, province d'Entre Rios, Palmar de Colon (1987, novembre): figures pl. III, fig. 1 à 4; Antilles Françaises, Guadeloupe, étang Zombie (1979, mai): figures pl. II, fig. 1 à 6.

Peridinium gatunense **var. *madagascariensis* (Lefèvre) Lefèvre (1932) fo. *madagascariensis* (pl. III, fig. 5 à 8; pl. IV, fig. 1-2)**

Par leur contour, leur ornementation et leur taille, nos exemplaires correspondent bien à la description donnée par Lefèvre (1932, p. 97, fig. 281 à 284). La tabulation parfaitement mise en évidence par le M.E.B. (épithèque: pl. III, fig. 5; hypothèque: pl. III, fig. 6) est la même que celle du type de l'espèce.

Cette variété décrite de Madagascar (Lefèvre, 1927) et du Mozambique (Rino, 1979) montre une ornementation thécale tout à fait originale chez le genre *Peridinium*. Lefèvre indique que ce taxon "diffère du type par son ornementation formée de puissantes côtes parallèles et disposées longitudinalement". Le M.E.B. révèle que les sutures reliant les plaques entre elles constituent des bourrelets épais (épaisseur: 0,5-1μm). Ces côtes prennent naissance à partir des sutures (pl. IV, fig. 1 et 2). La plupart du temps, elles

sont perpendiculaires à ces dernières (pl. III, fig. 5 et 6) mais, parfois, elles peuvent être obliques. Quelquefois, aussi, elles se ramifient ou s'anastomosent entre elles. Dans les espaces libres entre les côtes, on peut observer des pores (diamètre: 0,5μm) disposés irrégulièrement.

Lieu de récolte: Mozambique, cuvette et étangs près de Namaacha, province de Maputo (1972-1973).

Nous remercions le Dr Rino, J., d'avoir bien voulu nous confier pour étude ses échantillons de ce très intéressant taxon.

***Peridinium gutwinskii* Woloszinska (1912) var. *gutwinskii* fo. *gutwinskii* (pl. IV, fig. 3 à 6)**

Par leur morphologie et leurs dimensions, nos échantillons correspondent bien à la description donnée par Lefèvre (1932, p. 117-118, fig. 381 à 388).

Les tabulations de l'épithèque (4'-3a-7'') et de l'hypothèque (5'''-2'''') sont également conformes à celles du type de l'espèce (pl. IV, fig. 3 et 4)

Le M.E.B. met bien en évidence l'ornementation thécale classique du genre *Peridinium* avec son réseau de côtes en relief et les aréoles perforées de pores. De plus, il révèle, dans le cas de nos échantillons, le contour quadrangulaire de la plaque 2a (pl. IV, fig. 3, flèche et fig. 6, flèche), montrée dans les figures 382 et 383 de Lefèvre (1932).

Couté & Iltis (1984), qui ont observé cette espèce en Côte d'Ivoire et n'en ont donné que des dessins, considèrent que son aire de répartition est tropicale.

Lieu de récolte: Indonésie, Java, lac de Tjigombong près de Bogor (1982).

***Peridinium palustre* var. *raciborskii* (Woloszinska) Lefèvre (1932) fo. (pl. IV, fig. 7-8; pl. V, fig. 1-2)**

Le contour général de nos exemplaires coïncide bien, par l'allure convexe de l'épithèque et par les deux prolongements bien marqués (signalés par Lefèvre (1932): "hypothèque bilobée et terminée par deux courtes cornes", p. 99) des plaques antapicales 1''' et 5''' (pl. IV, fig. 8 et pl. V, fig. 1), avec la variété *raciborskii* de *P. palustre* (Lindemann) Lefèvre.

Toutefois, les dimensions données par Lefèvre pour la longueur de cette variété, se situent entre 80 et 100μm alors que celles du type de l'espèce varient entre 50 et 70μm. Dans le cas de nos échantillons, la longueur ne dépasse pas 55μm.

Le M.E.B. montre que les tabulations de l'épithèque (4'-3a-7'') et de l'hypothèque (5'''-2'''') sont conformes à celles du type de l'espèce. Cepen-

dant. nos figures 7 de la planche IV et 1 de la planche V font ressortir une variation non signalée jusqu'à présent. Celle-ci concerne la plaque 2'. En effet, dans *P. palustre* et ses taxons infraspécifiques, cette plaque est toujours hexagonale et en contact avec les plaques 1'', 2'', 1a, 3', 4' et 1'; dans nos exemplaires (pl. IV, fig. 7, flèche; pl. V, fig. 1, flèche), au contraire, la plaque 2' est toujours quadrangulaire et n'a aucun contact avec les plaques périphériques 1'' et 2''. Elle est seulement reliée aux plaques 1a, 3', 4' et 1'.

A cause de ses faibles dimensions et de la disposition des plaques de l'épithèque, nous considérons notre échantillon comme une forme de la variété *raciborskii* de *P. palustre*.

L'ornementation générale de la thèque, bien mise en évidence par le M.E.B., correspond à un réseau de côtes peu épaisses délimitant des aréoles perforées de un à deux pores (pl. V, fig. 2). Les sutures, comme chez tous les *Peridinium*, apparaissent striées ici.

Lieu de récolte: Brésil, marais Joaquim II (1975, août) Leg. Cronberg.

***Peridinium volzii* Lemmermann (1905) var. *volzii* fo. *volzii* (pl. V, fig. 3 à 8)**

Le contour général de nos échantillons et leurs dimensions (pl. V, fig. 3 et 7) sont bien en accord avec la description et l'iconographie données par Lefèvre (1932, p. 73 à 75, fig. 122 à 140).

Les tabulations de l'épithèque (4'-3a-7'', pl. V, fig. 5) et de l'hypothèque (5'''-2'''', pl. V, fig. 4) sont conformes aussi à celles du type de l'espèce.

Le M.E.B. révèle les détails de l'ornementation thécale, à savoir un réseau de crêtes en relief délimitant des aréoles perforées, en général, par un à trois pores (diamètre: 0,5µm). Cette ornementation (pl. V, fig. 8) est caractéristique du genre *Peridinium* s. str.

La largeur des sutures reliant les plaques entre elles varie de 1 à 4µm selon l'âge des individus considérés, faible chez les jeunes (pl. V, fig. 3) et forte chez les autres (pl. V, fig. 6). On peut constater aussi que ces sutures sont toujours striées.

Ling *et al.* (1989) présentent trois vues de cette espèce (fig. 98: vue de face; fig. 99: vue de l'épithèque; 100: vue de l'hypothèque). Toutefois, la vue frontale semble posséder des franges hyalines sur l'épithèque; de plus, les auteurs signalent l'existence de courtes épines sur l'hypothèque. Ces deux caractères ajoutés à la disposition quasiment rectiligne des plaques 1a, 3' et 3a, nous conduisent à penser qu'il s'agit probablement de *P. willei*. Les auteurs discutent, d'ailleurs, à propos de *P. willei*, de la difficulté à distinguer *P. volzii* de *P. willei*.

Lieu de récolte: Argentine, mares, province d'Entre Rios, Palmar de Colon (1987, novembre).

Peridinium willei **Huitfeldt-Kaas (1900) var. *willei* fo. *willei* (pl. VI, fig. 1 à 8)**

Les cellules de nos échantillons ont une morphologie et des dimensions (pl. VI, fig. 5 et 6) qui rappellent tout à fait la description et l'iconographie données par Lefèvre (1932, p. 70 à 72, fig. 101 à 110).

Le M.E.B. montre que les tabulations de l'épithèque (4'-3a-7'') et de l'hypothèque (5'''-2'''') sont bien conformes à celles du type de l'espèce. Toutefois, nos figures 1, 2, 3 et 8 de la planche VI, mettent en évidence une variation non signalée jusqu'à présent. Celle-ci concerne surtout la plaque 3' qui peut être trapézoïdale (pl. VI, fig. 3 et 8), subrectangulaire (pl. VI, fig. 1) ou encore pentagonale (pl. VI, fig. 2). Sur la figure 93 donnée par Ling *et al.* (1989) qui ont aussi étudié cette espèce dans des récoltes de Tasmanie, la plaque 3' est très mal délimitée et pourrait être considérée comme inexistante, les plaques 1a et 3a étant contiguës.

L'ornementation thécale apparaît, au M.E.B., comme chez les autres taxons décrits précédemment, faite d'un réseau de côtes en relief délimitant des aréoles perforées de un à deux pores (pl. VI, fig. 8). De plus, nos figures 6 et 7 de la planche VI, font bien ressortir un caractère typique de *P. willei*. En effet, à propos de cette espèce, Lefèvre (1932, p. 70) indique: "franges hyalines aux apicales et aux antapicales" et ses figures 102, 103 et 108 de la page 71, les montrent clairement. Ces excroissances très bien visibles sur notre figure 7, résultent de l'union de la plaque 2a avec 1a, 3' et 3a et de l'association de ces trois dernières avec 2' et 4', pour les plaques apicales. Pour l'hypothèque, elles sont le résultat de la suture des plaques 1''' avec 1'''' et 5''' avec 2''''. Ces franges confèrent à la cellule, en vue de profil, une silhouette anguleuse propre à cette espèce.

Lieu de récolte: Argentine, mares, province d'Entre Rios, Palmar de Colon (1987, novembre).

CONCLUSION

Avec ses 46 électronographies, notre contribution constitue un apport important à la connaissance du genre *Peridinium*. En effet, elle présente trois taxons non décrits jusqu'ici à l'aide du M.E.B., à savoir *P. gatunense* var. *madagascariensis*, *P. gutwinskii* et *P. palustre* var. *raciborskii*. Ainsi, à notre connaissance, le nombre de *Peridinium* étudiés par cette méthode passe donc de 19 à 22. Par ailleurs, notre travail fournit des informations complémentaires sur quatre autres espèces déjà observées au M.E.B. par d'autres auteurs; il s'agit de *P. bipes*, *P. cinctum*, *P. gatunense* et *P. willei*. Pour *P. bipes*, jusqu'à présent, seules les vues frontale et apicale avaient été données par Dodge (1985). Nous ajoutons à celles-ci une vue de l'hypothèque et des vues de détails de la paroi et des prolongements hyalins des plaques antapicales. De plus, à propos de ce dernier caractère, la comparaison de nos résultats avec ceux de Dodge (1985) et ceux de Boltovskoy

(1976), pour la variété *apoda*, fait ressortir des variations morphologiques et dimensionnelles.

En ce qui concerne *P. gatunense*, avec nos échantillons provenant d'Argentine et de Guadeloupe, nous montrons de nouveaux aspects morphologiques de certaines plaques épithécales. Nous faisons de même avec *P. willei*, en particulier pour la plaque 3'.

Enfin, un autre résultat de notre travail est la description détaillée au M.E.B. de la paroi thécale de *P. gatunense* var. *madagascariensis*. Celle-ci se distingue, en effet, de l'ultrastructure quasi générale réticulée aréolée des taxons d'eau douce du genre *Peridinium* observés jusqu'à maintenant à l'aide du M.E.B. (à l'exception de *P. lomnickii* et *P. umbonatum* (Dodge, 1985 et Ling *et al.* (1989) pour le premier). A ce propos, il serait d'ailleurs intéressant de pouvoir comparer l'ultrastructure de *P. striolatum* var. *striolatum* fo. *auburnense* (Playfair) Lefèvre et de *P. volzii* var. *volzii* fo. *vancouverense* (Wailes) Lefèvre qui, en microscopie photonique, montrent une ornementation striée apparemment analogue à celle de *P. gatunense* var. *madagascariensis*.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce à un programme de coopération scientifique financé conjointement par le C.N.R.S. (France) et le C.O.N.I.C.E.T. (Argentine).

BIBLIOGRAPHIE

BOLTOVSKOY A., 1973 - *Peridinium gatunense* Nygaard. Estructura y estereoultraestructura tecal (Dinoflagellida). *Physis* B (Bs. As.) 32 (85): 331-344.

BOLTOVSKOY A., 1975 - Estructura y estereoultraestructura tecal de dinoflagelados. II. *Peridinium cinctum* (Müller) Ehrenberg. *Physis* B (Bs. As.) 34 (89): 73-84.

BOLTOVSKOY A., 1976 - Estructura y estereoultraestructura tecal de dinoflagelados. III. *Peridinium bipes* Stein, forma *apoda*, N.F. *Physis* B (Bs. As.) 35 (91): 147-155.

BOLTOVSKOY A., 1983 - *Peridinium cinctum* f. *westii* del mar de Galilea, sinonimo de *Peridinium gatunense* (Dinophyceae). *Limnobios* 2 (6): 413-418.

COUTÉ A. & ILTIS A., 1984 - Mise au point sur la flore péridiniale (Algae, Pyrrhophyta) d'eau douce de Côte d'Ivoire. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 17 (1): 53-64.

DODGE J.D., 1985 - *Atlas of Dinoflagellates. A scanning electron microscope survey.* London, Farrand Press, 119p.

EHRENBERG C.G., 1830 - *Organisation, Systematik und geographisches Verhältnis der Infusionsthierchen. Beiträge zur Kenntnis der Organisation der Infusioren*

und ihrer geographischen Verbreitung besonders in Sibirien. König. Akad. Wissenschaften, Berlin, p. 21-108, 8pl.

HICKEL B. & POLLINGHER U., 1988 - Identification of the bloom-forming *Peridinium* from lake Kinneret (Israël) as *P. gatunense* (Dinophyceae). *Brit. Phycol. J.* 23: 115-119.

HUITFELDT-KAAS H., 1900 - Die limnetischen Peridineen in norwegischen Binnenseen. *Vidensk. Skrift. I. Math. Nat. Kl.* n° 2: 1-8.

ILTIS A. & COUTÉ A., 1984 - Péridiniales (Algae, Pyrrhophyta) de Bolivie. *Rev. Hydrobiol. Trop.* 17 (4): 279-286.

LEFÈVRE M., 1927 - Sur les variations tabulaires chez les Péridiniens d'eau douce et leur notation. Diagnoses d'espèces et de variétés nouvelles. *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris* 33: 118-122.

LEFÈVRE M., 1932 - Monographie des espèces d'eau douce du genre *Peridinium*. *Arch. Bot.* 2 (5): 1-210, 6 pl.

LEMMERMANN E., 1905 - Ueber die von Herrn Dr. Walter Volz auf seiner Weltreise gesammelten Süsswasseralgen. *Abh. Nat. Ver. Bremen* 18: 143-174.

LING H.U., CROOME R.L. & TYLER P.A., 1989 - Freshwater Dinoflagellates of Tasmania, a survey of taxonomy and distribution. *Brit. Phycol. J.* 24 (2): 111-129.

OSTENFELD C.H. & NYGAARD G., 1925 - On the phytoplancton of the Gatun Lake, Panama Canal (Botanical results of the Dana Expedition 1921-1922, n° 2). *Dansk. Bot. Ark.* 4 (10): 1-16.

RINO J., 1979 - Ecologie des algues d'eau douce du sud du Mozambique. Thèse Doctorat d'Etat, Paris, 362p. + 21 pl. + tableaux.

STEIN F. von, 1883 - *Der Organismus der Infusionsthiere. III Abt., 2 Hälfte: der Organismus der arthrodelen Flagellaten nach eigenen Forschungen in systematischer Reihenfolge bearbeitet*: 1-30, pl. 1-25, Leipzig.

WOLOSZINSKA J., 1912 - Das Phytoplankton einiger javanischer Seen, Berücksichtigung des Sawa-Planktons. *Bull. Acad. Sc. Cracovie, Cl. Sc. Math. et Nat.*, sér. B: 649-709.

LEGENDES DES FIGURES

PLANCHE I - Fig. 1 à 4: *Peridinium bipes* Stein. Fig. 1: épithèque; fig. 2: hypothèque; fig. 3: vue dorsale de l'hypothèque montrant les deux prolongements hyalins (flèches); fig. 4: détail de l'ornementation pariétale. - Fig. 5 à 8: *Peridinium cinctum* (Müller) Ehrenberg. Fig. 5: épithèque; fig. 6: hypothèque; fig. 7: vue frontale; fig. 8: vue dorsale. Sauf indication contraire, tous les traits d'échelle représentent 10μm.

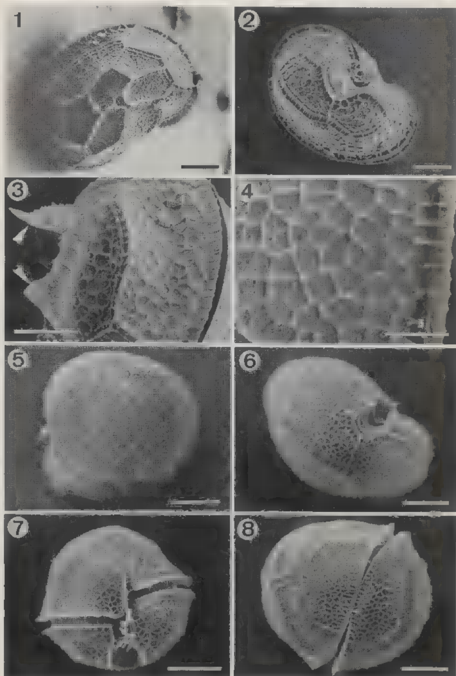
PLANCHE II - Fig. 1 à 6: *Peridinium gatunense* Nygaard var. *gatunense*. Fig. 1 et 2: épithèques; fig. 3: hypothèque; fig. 4: vue frontale; fig. 5: vue dorsale; fig. 6: vue de profil. Les traits d'échelle représentent 10μm.

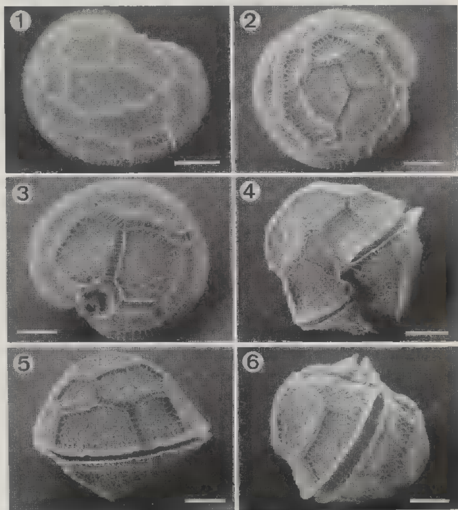
PLANCHE III - Fig. 1 à 4: *Peridinium gatunense* Nygaard var. *gatunense*. Fig. 1: épithèque; fig. 2: hypothèque; fig. 3: vue dorsale; fig. 4: détail de la thèque. - Fig. 5 à 8: *Peridinium gatunense* var. *madagascariensis* (Lefèvre) Lefèvre. Fig. 5: épithèque; fig. 6: hypothèque; fig. 7: vue frontale; fig. 8: vue dorsale. Sauf indication différente, tous les traits d'échelle représentent 10μm.

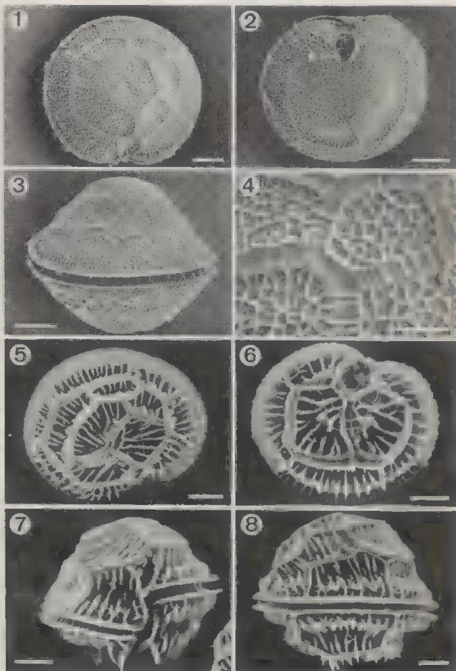
PLANCHE IV - Fig. 1 et 2: *Peridinium gatunense* var. *madagascariensis* (Lefèvre) Lefèvre. Fig. 1: détail de la thèque; fig. 2: détail de la zone du sillon sulcal. - Fig. 3 à 6: *Peridinium gutwinskii* Woloszinska. Fig. 3: épithèque; la flèche montre la plaque 2a; fig. 4: hypothèque; fig. 5: vue frontale; fig. 6: vue dorsale; la flèche désigne la plaque 2a. - Fig. 7 et 8: *Peridinium palustre* var. *raciborskii* (Woloszinska) Lefèvre fo. Fig. 7: épithèque (la flèche montre la plaque 2'); fig. 8: vue frontale. Sauf indication différente, tous les traits d'échelle représentent 10μm.

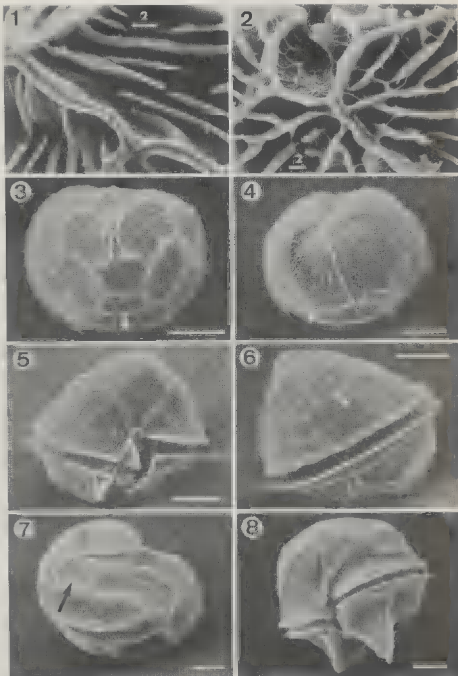
PLANCHE V - Fig. 1 et 2: *Peridinium palustre* var. *raciborskii* (Woloszinska) Lefèvre fo. Fig. 1: profil (la flèche montre la plaque 2'); fig. 2: détail de la thèque dans la région de l'intersection des sillons cingulaire et sulcal. - Fig. 3 à 8: *Peridinium volzii* Lemmermann. Fig. 3: vue frontale; fig. 4: hypothèque; fig. 5: épithèque; fig. 6: vue dorsale; fig. 7: vue de profil; fig. 8: détail de l'ornementation thécale. Sauf indication différente, tous les traits d'échelle représentent 10μm.

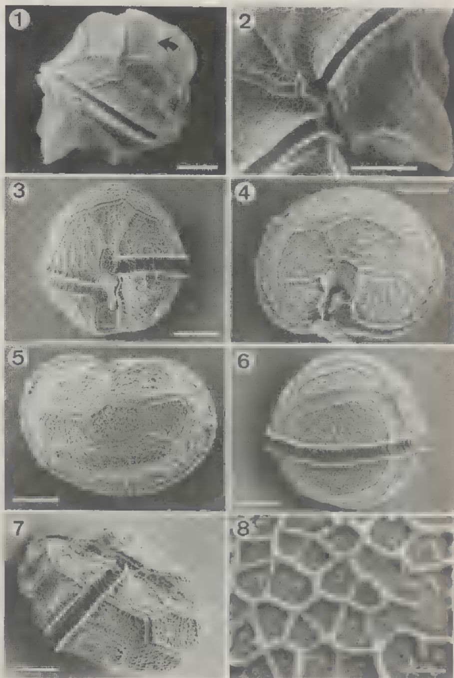
PLANCHE VI - Fig. 1 à 8: *Peridinium willei* Huitfeldt-Kaas. Fig. 1 et 2: deux épithèques; fig. 3: vue dorsale de l'épithèque; fig. 4: hypothèque; fig. 5: vue frontale; fig. 6: vue de profil; fig. 7: détail des franges hyalines des plaques apicales; fig. 8: détail de la thèque montrant la plaque 2' à contour trapézoïdal ici. Les traits d'échelle représentent 10μm.

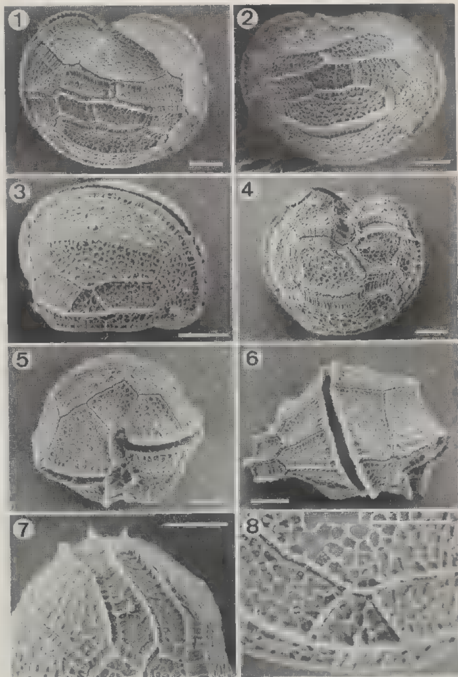

1
2
3
4
5
6
7
8


1
2
3
4
5
6


1
2
3
4
5
6
7
8


1
2
2
2
3
4
5
6
7
8


1
2
3
4
5
6
7
8



PRESENCE OF *MASTIGOCLADOPSIS JOGENSIS* (CYANOPHYCEAE, MASTIGOCLADOPSIDACEAE) IN CORSICA (FRANCE)

L. HOFFMANN

Université de Liège, Département de Botanique
Sart Tilman, B.22, B-4000 Liège (Belgium).

ABSTRACT - *Mastigocladopsis jogensis*, so far only known from a collection from India, has been rediscovered in Corsica (France). The morphology of the sample is described and the taxonomic position of the genus *Mastigocladopsis* in relation to the genus *Nostochopsis* is discussed.

RÉSUMÉ - *Mastigocladopsis jogensis* jusqu'à maintenant seulement connu d'une récolte de l'Inde a été retrouvé en Corse (France). La morphologie de cet échantillon est décrite et la position taxinomique du genre *Mastigocladopsis* par rapport au genre *Nostochopsis* est discutée.

KEY WORDS : Cyanophyceae, *Mastigocladopsis, Nostochopsis.*

During a stay at the field station STARESO at Calvi in Corsica (France) in September 1989, we had the opportunity to collect a freshwater blue-green alga with a thallus resembling a *Nostoc* or a *Rivularia* colony, but which proved to be *Mastigocladopsis jogensis* Iyengar et Desikachary (1946) after microscopic study of the sample. The genus *Mastigocladopsis* belongs to the Stigonematales and is closely related to the genera *Mastigocladus* Cohn ex Kirchn. and *Nostochopsis* Wood ex Bornet et Flahaut. It differs from the genus *Nostochopsis* by having reverse V-shaped branches and from the genus *Mastigocladus* by the presence of lateral heterocysts.

The alga was found in the small stream Marsolinu (Département Haute Corse, E of Cherchisani, 12km S of Calvi, 42°27'N, 8°44'E) in the granitic region of Corsica at an altitude of 170m. It was growing together with *Hildenbrandia rivularis* (Liebm.) J. Ag. The blue-green colonies of *Mastigocladopsis*, up to 4cm in diameter, were attached to submerged stones. The soft colonies are hollow and irregularly lobed. The thallus consists of an intri-

cate mass of branching filaments. A hyaline sheath is sometimes visible, often at the branching points. The trichome is torulose or only slightly constricted at the cross-walls. Cells are spherical to barrel-shaped in young trichomes (figs. 1e, 3d), later becoming cylindrical and generally longer than wide, 2.0-4.8μm wide and 2.6-18.0μm long. The end cell is tapering and slightly pointed. The heterocysts are generally lateral (figs. 1a, 2a, 3a) or terminal on short branches one to three cells long (figs. 3b, 2c); less than 5% are intercalary. The heterocysts are roughly spherical to ovate, from equal diameter to elongated, 6.2-9.6μm wide and 5.4-12.0μm long. Branching occurs profusely. Two types of branching are observed: first, the typically reverse V-shaped mastigocladoceous branching (figs.1a, c, d) very closely resembling those in *Mastigocladus* Cohn ex Kirchn. or *Herpyzonema* Weber-v. Bosse; secondly, the true lateral branching resulting from the longitudinal division of a cell. Sometimes, after the formation of a branch, the cell of the main filament forming this structure elongates gradually. The cell therefore becomes very much extended with the branch being situated in the middle (fig. 3b). Hormogonia have short barrel-shaped cells (fig. 3c), 3.4-4.2μm wide and 2.4-3.8μm long.

The presence of both reverse V-shaped and true lateral branching, as well as lateral and terminal heterocysts, places this alga in the genus *Mastigocladopsis* described by Iyengar & Desikachary (1946) from India. Our specimen very well corresponds to *M. jogensis* as far as the morphology of the trichome and the dimensions of the cells are concerned. It only differs by the morphology of the thallus: thus *M. jogensis* "formed tiny gelatinous expansions on submerged stones in the stream" whereas our alga has hollow colonies. To our knowledge this species has not been recorded since the collection in India.

Seurat & Frémy (1936) recorded from Tunisia an alga also possessing lateral and terminal heterocysts, which they refer to *Hapalosiphon laminosus* Hansg. (= *Mastigocladus laminosus* Cohn). Iyengar & Desikachary (1946) and Desikachary (1959) place this species in the genus *Mastigocladopsis* as *M. fremyi*. However, in contrast to what is stated by these authors, Seurat & Frémy explicitly noted that their alga did not show reverse V-shaped branching; this collection must thus be considered as *Nostochopsis*.

Mastigocladopsis has a very close resemblance to *Nostochopsis* Wood ex Bornet et Flahaut in its general appearance and in the presence of lateral and pedicellate heterocysts. The two genera only differ by the reverse V-shaped branchings which are normally absent in the genus *Nostochopsis*. Iyengar & Desikachary (1946) established the new family Mastigocladopsidaceae which differs from the Nostochopsidaceae only by the presence of the reverse V-shaped branching. However, several authors (Desikachary, 1959; Frémy & Feldmann, 1934) mention this type of branching also in *Nostochopsis* and one may wonder whether *Mastigocladopsis jogensis* is not simply a growth form of a *Nostochopsis* species; this is also an indication that the

creation of families based on the presence of reverse V-shaped branches is hardly justifiable. The genus *Nostochopsis*, mainly known from tropical regions, is recorded in Europe only from the south of France (Frémy & Feldmann, 1934) and from Italy (Del Grosso, 1982).

ACKNOWLEDGEMENTS

I thank Dr. V. Demoulin for reading the manuscript and Mr. J.T. Palmer for improving its English. This study was performed in the framework of the Belgian F.R.F.C. contract 2.4508.88.

BIBLIOGRAPHY

DEL GROSSO F., 1982 - Alcune entita'rare ed interessanti di alghe di acqua dolce rinvenute in Abruzzo. *Nuovo Giorn. Bot. Ital.* 116, Suppl. I: 141-142.

DESIKACHARY T.V., 1959 - *Cyanophyta.* Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, x + 686p.

FREMY P. & FELDMANN J., 1934 - A propos de la présence en France du *Nostochopsis lobatus* Wood. *Bull. Soc. Bot. France* 81: 612-618.

IYENGAR M.O.P. & DESIKACHARY T.V., 1946 - *Mastigocladopsis jogensis* gen. et sp. nov., a new member of the Stigonemataceae. *Proc. Indian Acad. Sci.* B, 24: 55-59 + pl. I.

SEURAT L.G. & FREMY P., 1936 - Une station tunisienne de l'*Hapalosiphon laminosus* Hansg. (Myxophycée). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N* 27: 101-104.

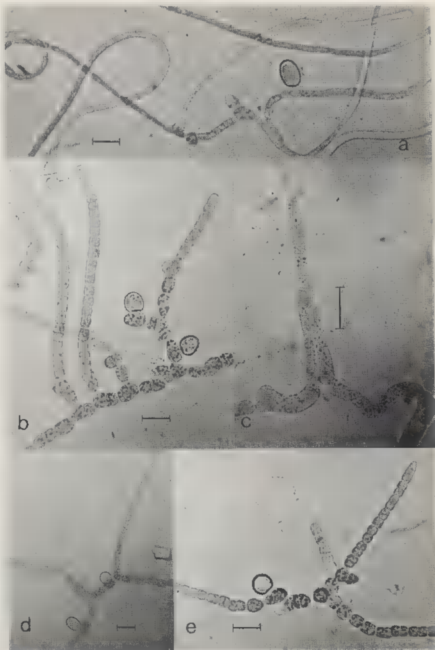


Fig. 1 - *Mastigocladopsis jogensis* (bar = 10µm) (a, c, d: reverse V-shaped branching; e: young trichome with barrel-shaped cells).

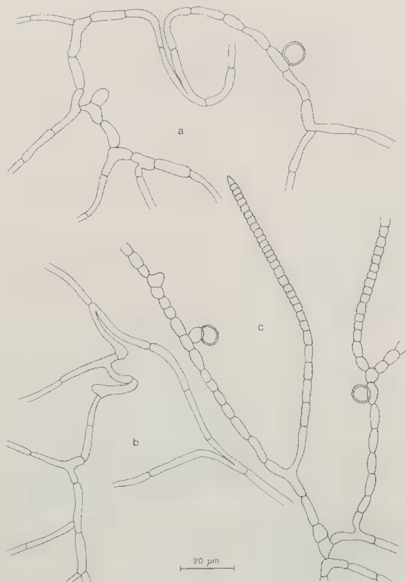


Fig. 2 - *Mastigocladopsis jogensis* (a, b: reverse V-shaped branching; a, c: sessile lateral heterocysts; c: pedicellate lateral heterocyst).

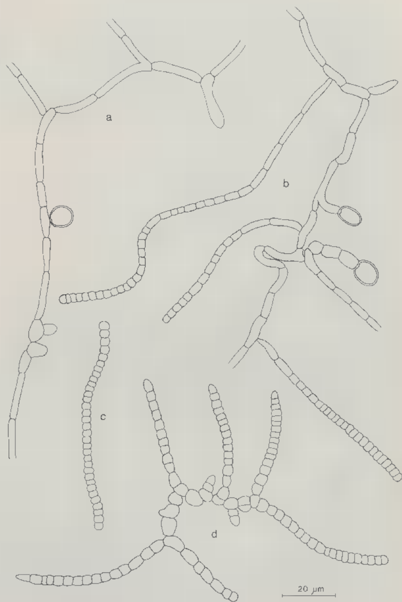


Fig. 3 - *Mastigocladopsis jogensis* (a: sessile lateral heterocyst; b: pedicellate lateral heterocyst; c: hormogonium; d: young trichome).

CALOGLOSSA OGASAWARAENSIS (RHODOPHYTA, DELESSERIACEAE), A FRESH WATER RHODOPHYCEAE NEW TO INDIA

L. JOSE and R.J. PATEL

Department of Biosciences, Sardar Patel University,
Vallabh Vidyanagar 388 120, India.

ABSTRACT - From a fresh water river in Kerala the occurrence of *Caloglossa ogasawaraensis* Okamura is recorded. This genus is for the first time collected from fresh waters in India and the species will be an addition to the fresh water Rhodophyceae of India.

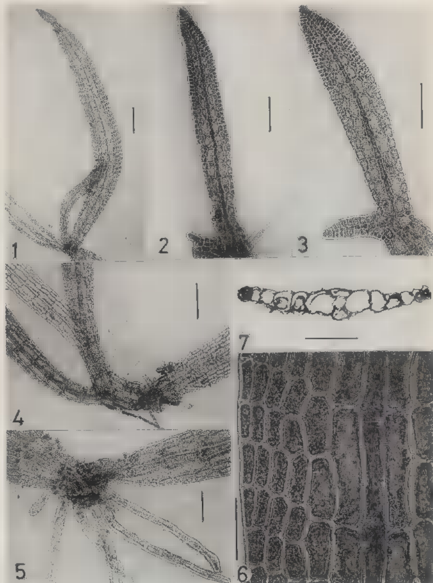
KEY WORDS : *Caloglossa ogasawaraensis*, fresh water Rhodophyceae, India, taxonomy.

INTRODUCTION

In India the genus *Caloglossa* is recorded in marine habitats by Boergesen (1933). It is widely distributed in many marine or brackish estuarine habitats in Asia (Anand, 1943; Durairatnam, 1961; Nural Islam,1973). So far this genus has not been recorded from the Indian fresh waters.

The present genus belongs to the family Delesseriaceae of the order Ceramiales in Rhodophyta. They have lanceolate leafy thalli with frequent constrictions. Branches and bundles of rhizoids arise from the constricted portions. The speciation in this genus is mainly based on the size, and the mode of ramification of the thalli.

So far only two species of the genus *Caloglossa* are known from fresh waters. They are *C. leprieurii* Mont. and *C. ogasawaraensis* Okamura. Both of them grow in brackish estuarine and fresh water habitats. Howe (1902) found *C. leprieurii* in mountain stream. The second species *C. ogasawaraensis* is mostly a fresh water form established by Okamura in 1897. Post (1936) found this species in brackish water. Ratnasabapathy (1977) and Ratnasabapathy & Kumano (1982) reported this species from fresh water habitats of Thioman Island in peninsular Malaysia. Kumano (1978) described a new va-



Figures 1-7. *Caloglossa ogasawaraensis* Okamura. 1, 2. Showing the flattened leafy segments of thalli. Scale bar 1 = 200μm; scale bar 2 = 100μm. 3. A frond showing sub-dichotomous branching. Scale bar = 100μm. 4. Dichotomous branching at the base of frond. Scale bar = 200μm. 5. A bundle of rhizoids arising from the constricted portion of leafy segment. Scale bar = 100μm. 6. A part of frond showing pit connection between cells and the midrib cells with lateral pericentrals. Scale bar = 50μm3. 7. Transversal section of a frond showing single layered cells, with a central 3 cell thick midrib. Scale bar = 50μm.

riety *C. ogasawaraensis* var. *latifolia* Kumano from Sungai Cherok in peninsular Malaysia.

MATERIAL AND METHODS

The specimens of a fresh water species of the genus *Caloglossa* were collected in February 1988 near Athirampally water falls of Sholayar river in Kerala State. It was collected from the shallow sandy bottom of the river bed. The materials were preserved in 4% formaldehyde. Photomicrographs were taken by Carl Zeiss photomicroscope. The specimens are kept in authors's herbarium C. No. K.15, S.P. University.

SYSTEMATIC ACCOUNT

Caloglossa ogasawaraensis Okamura (Figs. 1-7).
Okamura, 1897: 13, Fig. a-d; Bourrelly, 1970: 276-79, pl. 77 (7-8), pl. 78 (1-3).

Thalli flat, leafy, purple to red in colour, upto 2.5cm high; consisting of articulate leafy segments with their apices commonly inrolled, segments linear lanceolate or nearly so, attenuating more narrowly towards the base, upto 5.1mm long and 0.3mm broad. Rhozoides and similar leafy segments produced from the constricted portion or from the injured portion of the frond. The fronds di- or trichotomously branched. Sometimes without branching. Thalli unistratose except the midrib regions; midrib 3 celled thick a central cell and two median pericentrals. Rows of lateral pericentral cells present on both sides of midrib. Upto seven rows of cells present on each side of the midrib. The midrib cells upto 170μm long and 30μm broad. The length of cells decreasing from the midrib to periphery. Pit connections seen between all the cells including rhizoids. The rhizoids multicellular elongate and cylindrical upto 26μm in diameter and upto 218μm long. Reproduction not known in the present specimens.

Habitat: growing attached to the sandy bottom of Sholayar river near Athirampally water falls in Kerala State.

DISCUSSION

Some species of the genus *Caloglossa* exhibit close relationship among themselves. Fairly good similarities exist between at least four of them. They are *C. leprieurii*, *C. zanzibariensis* Goebel, *C. ogasawaraensis* and *C. bombayensis* Boergesen. Concrete demarcating characters based on their reproductive structures are yet to evolve in the speciation of this genus. The present plant is distinguished from *C. leprieurii* by the absence of repeatedly forking nature of thalli, mode of ramification and by the nature of cells. Boergesen (1933) while establishing *C. bombayensis* refers to two related species. They are *C. zanzibariensis* and *C. ogasawaraensis*. According to him *C. zanzibariensis* differs from *C. bombayensis* in having eight rows of cells in the seg-

ment against four in the latter. It also differed in having the broader segment of 250-400μm against 70μm of *C. bombayensis*. In his opinion *C. zanzibariensis* is closely related to *C. ogasawaraensis*. But the later plant is much broader 2-3mm as given by Okamura (1897) and the segments are much narrower at the nodes thus becoming ellipsoid in shape. But Ratnasabapathy & Kumano (1982) described a much smaller specimens of *C. ogasawaraensis*. The present specimen is also slightly smaller than the one described by the above workers.

CONCLUSIONS

The present specimens are identical with *C. ogasawaraensis* described by Ratnasabapathy (1977), Ratnasabapathy & Kumano (1982), and Bourrelly (1970). The smaller size of the present specimens may be due to the ecological and nutritional condition existing in the habitat. The first occurrence of this species in India is a significant record considering its wide distribution in Malayan region.

ACKNOWLEDGEMENTS. - The first author thanks C.S.I.R., New Delhi for the award of a Senior Research Fellowship.

REFERENCES

ANAND P.L., 1943 - Marine algae from Karachi. Part II: Rhodophyceae. *Punjab Univ. Bot. Publ.*: 1-52.

BOERGESEN F., 1933 - Some Indian Rhodophyceae especially from the shores of the presidency of Bombay. *Bull. Misc. Inform.* 3: 113-142.

BOURRELLY P., 1970 - *Les algues d'eau douce.* Tome 3: *les algues bleues et rouges, les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines.* Paris, Boubée.

DURAIRATNAM M., 1961 - Contribution to the study of marine algae of Ceylon. *Fish. Bull.* 10: 1-181.

HOWE M.A., 1902 - *"Caloglossa leprieurii* in mountain streams". *Torreya* 2: 149-152.

KUMANO S., 1978 - Notes on fresh water red algae from West Malaysia. *Bot. Mag. Tokyo* 91: 97-107.

NURUL ISLAM AKM, 1973 - The Algal flora of Sunderbams mangrove forest. Bangladesh. *Bangladesh J. Bot.* 2 (2): 11-36.

OKAMURA K., 1897 - Algae from Ogasawara Jima. *Bot. Mag. Tokyo* 11: 120.

POST E., 1936 - Systematische und Pflanzengeographische Notizen zur *Bostrychia-Caloglossa* Assoziation. *Rev. Algol.* 9 (1): 1-84.

RATNASABAPATHY M., 1977 - *Fresh water biology of Pulau Tioman. Marlin Samundra Tioman Sdn Bhd., Kuala Lumpur*, pp. 27-30.

RATNASABAPATHY M. & KUMANO S., 1982 - Studies on fresh water red algae of Malaysia I. Some taxa of the genera *Batrachospermum, Ballia* and *Caloglossa* from Pulau Tioman West Malaysia. *Jap. J. Phycol. (Sorui)* 30: 15-22.

CHARACIOPSIS FRUTII (XANTHOPHYCEAE), UNA NUEVA ESPECIE EPIZOICA DE ARGENTINA

Haydée N. PIZARRO

Centro de Ecología Aplicada del Litoral,
C.C. 291, 3400 Corrientes, Argentina.

ABSTRACT - *Characiopsis frutii* sp. nov. (Xanthophyceae, Mischococcales) a new epizoic species from Corrientes, Argentina is erected. This algae was found together with *Chlorangiella subarctica*, a new record for the south hemisphere, living on *Mesocyclops paranaensis* (Copepoda, Cyclopoida).

RÉSUMÉ - L'auteur décrit *Characiopsis frutii* sp. nov. (Xanthophyceae, Mischococcales), une nouvelle espèce épizoïque de la province de Corrientes en Argentine. Elle était associée à *Chlorangiella subarctica* algue signalée pour la première fois dans l'hémisphère sud, fixée sur des *Mesocyclops paranaeensis* (Copepoda, Cyclopoida).

MOTS CLÉS : algues épizoïques, *Characiopsis frutii* sp. nov., systématique, Argentine.

El presente trabajo tiene por objeto la descripción de *Characiopsis frutii* sp. nov. (Xanthophyceae, Mischococcales), epizoica sobre *Mesocyclops paranaensis* Dussart et Frutos (Copepoda, Cyclopoida).

MATERIALES Y METODOS

El material que se estudió fue cedido por la prof. S. Frutos del laboratorio de zooplancton del Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL). Este laboratorio, está actualmente estudiando la microfauna presente en arrozales de la provincia de Corrientes (Argentina). Dentro de ese programa de investigación, se realizan experiencias de laboratorio. De acuerdo a lo comunicado personalmente por la prof. Frutos, en una batea de experimentación de plástico reforzado, de 45 x 40cm de superficie y 28cm de profundidad, en el mes de abril de 1984, se colocaron muestras de suelo

secado previamente. Fueron obtenidas de una arrocera ubicada en la estación experimental del INTA, de la localidad de El Sombrerito, en la provincia de Corrientes. Las muestras se cubrieron con agua destilada, para permitir el desarrollo y posterior estudio de las poblaciones que apareciesen, dejándolas a la intemperie.

Para obtener las muestras de zooplancton, se extrajo el agua mediante el uso de una bomba de succión sumergible centrífuga, filtrándola a través de un tamiz de 53μm de apertura de poro. El material se fijó con formol al 4%.

En cada oportunidad, se midieron los siguientes parámetros físicos y químicos: temperatura, pH, conductividad y profundidad. La muestra estudiada fue obtenida el 11 de junio de 1985.

Para el análisis de las algas epizoicas se colocó cada copépodo entre porta y cubreobjetos para observarlo con microscopio óptico, agregando unas gotas de solución de lugol (I + IK). Cada grupo algal fue ubicado taxonómicamente según Bourrelly (1966, 1968), Ettl (1978) y Fott (1972). El material luego de su estudio, se depositó en el CECOAL con la sigle BY-03.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la fecha de muestreo la temperatura del agua fue de 17°C, la conductividad de 72μS.cm^{-1}, el pH de 6 unidades y el O_2 disuelto fue de 13,6mg/l.

Debido a las características de la batea experimental, los parámetros físico-químicos, presentaron drásticas fluctuaciones. El pH, sin embargo, se mantuvo siempre dentro del rango ácido (5,6 - 6 unidades) desde el comienzo de la experiencia. Por otra parte, la temperatura fue lo más variable, alcanzando el máximo valor el 3 de enero de 1985, con 39°C, en horas del medio día. La profundidad osciló entre 7 y 2cm con los valores mayores luego de las lluvias. En varias oportunidades, la batea se secó por completo debido a sucesivas jornadas de calor intenso con alta evaporación, en los días de verano (enero, febrero).

Por lo mencionado, los organismos habitantes de este ambiente, son capaces de atravesar periodos de marcadas limitaciones y de fluctuaciones ambientales drásticas.

Aproximadamente el 80% de la población de *Mesocyclops paranaensis* presentó signos de epizoiquismo. Según comunicación personal de Frutos, el resto de microfauna estudiado no poseía algas epizoicas.

La ficoflora alcanzó a cubrir el 70% del sustrato, encontrándose más densamente distribuída alrededor del segmento genital. Estuvo compuesta por dos poblaciones algales.



Fig. 1: *Characiopsis frutii* nov. sp. Fig. 2: *Chlorangiella subarctica*.

- ***Chlorangiella subarctica*** (Skuja) Fott (Chlorophyceae, Tetrasporales) (Fig. 2)

Especie epizoica de copépodos planctónicos (Fott, *op. cit.*), que en esta oportunidad se cita por primera vez para el hemisferio sur. En nuestro material, la prueba con solución de lugol dio positiva para la presencia de almidón.

- ***Characiopsis frutii*** sp. nov. (Xanthophyceae, Mischococcales) (Fig. 1).

Cellula cylindrica aut leviter fusiformis, stipite brevi cum disco basale ferrugineo, 3-5 chromatophoris parietalibus linearibusque non occupantibus omnem voluminem cellularem, guttis olei praesentibus. Epizoici super crustaceos Mesocyclops paranaensis planctonicos. Dim. cellulares: long.30-70µm; lat. 6-11µm. Iconotypus: figura nostra, fig. 1. In regionis: Corrientes, Argentina.

Las células vegetativas son cilíndricas o levemente fusiformes, de pared delgada, fijándose al sustrato por un corto pie recto, con disco basal ferruginoso. Poseen 3 a 5 cromatóforos acintados, parietales de bordes regulares, los que se encuentran alineandos sin ocupar todo el volumen celular en conjunto. La prueba con solución de lugol dio negativa para la presencia de almidón. No se observó su reproducción. Dimensiones celulares:

30-70μm long., 6-11μm ancho. Epizoicas sobre *Mesocyclops paranaensis* Dussart et Frutos; densamente dispuestas en el urosoma del copépodo.

Esta especie es muy semejante a *Characiopsis praeacuta* (Ettl) Ettl por la forma celular, dimensiones y el pie de fijación ferruginoso.

Difiere en cambio, porque en esta última la pared celular es muy gruesa y además posee numerosos cromoplastos discoidales los que, a menudo, se hallan tan densamente distribuídos que tienen forma poligonal.

Cabe señalar que, dentro de este género, los casos de especies epizoicas son raros: Ettl (*op. cit.*) menciona sólo dos con este hábito: *Ch. difflugicola* Huber-Pestalozzi, sobre *Difflugia globulosa* y *Ch. acuta* (A.Braun) Borzi, sobre cangrejos planctónicos.

AGRADECIMIENTOS

A la Prof. Santa Frutos, por la donación del material estudiado; al Dr. Guillermo Tell, por la confirmación de las especies y por la revisión crítica del manuscrito y a la prof. María Acuña, por la traducción de la diagnosis al latín.

BIBLIOGRAFIA

BOURRELLY P., 1966 - *Les algues d'eau douce. Algues vertes.* Paris, Boubée, 511p.

BOURRELLY P., 1968 - *Les algues d'eau douce. Algues jaunes et brunes.* Paris, Boubée, 438p.

ETTL H., 1978 - *Xanthophyceae. In Süsswasserflora von Mitteleuropa.* Bd. 3, Teil 1, Stuttgart, New York, G. Fischer, 530p.

FOTT B., 1972 - *Chlorophyceae. Tetrasporales. In Das Phytoplankton des Süsswassers,* 16 (6), Stuttgart, 1-116 + 47 Tf.

OUVRAGES REÇUS POUR ANALYSE

KRISTIANSEN J., CRONBERG G. et GEISSLER U. (Eds.), 1989 - **Chrysophytes. Developments and perspectives.** Proceedings of the second International Chrysophyte Symposium, 3-5 August 1987, Berlin. *Beih. Nova Hedwigia* 95: 287p., Prix: DM 190.

Ce volume présente les communications du Symposium de Berlin en 3 parties: taxonomie, écologie et biogéographie.

Dans la taxonomie, nous trouvons les 5 articles suivants:
ANDERSEN, R.A. sur les Synurophyceae (p. 1-26) précise les caractères particuliers de ce groupe (pigments, ultrastructure - racines flagellaires, mitoses -) qui permettent et justifient la création de cette classe. SANDGREN C.D. & BARLOW S.B. (p. 27-44) étudient en culture la production des écailles siliceuses chez *Synura petersenii*. SANDGREN C.D. (p. 45-69) examine en microscopie à balayage la formation des statospores (kystes siliceux) chez *Dinobryon, Synura, Mallomonas, Chrysophaerella*. SKOGSTAD A. & REYMOND O.L. (p. 71-79) observent l'ultrastructure de *Spiriferomonas* et suivent l'enkystement et donnent de bonnes figures de l'ultrastructure des kystes. PIPES L., TYLER P.A. & LEEDALE G.F. (p. 81-97) décrivent, de Tasmanie, un nov. gen. colonial: *Chrysonephele* dont ils étudient l'ultrastructure.

En écologie, ELORANTA P. (p. 99-109) précise l'écologie de 9 espèces de *Dinobryon* de Finlande. SIVER P.A. (p. 111-117) montre que *Mallomonas acaroides* et sa var. *muskokana* sont, l'un alcalobionte (pH: 8.0), l'autre acidobionte (pH: 5,5). KURATA, A. (p. 119-129) observe que les fleurs d'eau à *Uroglena americana*, au Japon, sont favorisées par de fortes concentrations en Ca et Mg. HARTMANN J. & STEINBERG C. (p. 131-158) étudient l'écologie des Chrysophytes à écailles siliceuses en Europe et montrent qu'elles sont rares en eau calcaire. GUTOWSKI A.L. (p. 159-177) précise le développement saisonnier des Chrysophycées à écaille; dans la région de Berlin, le maximum est atteint en Mars et Avril. KRISTIANSEN J. (p. 179-189) montre que *Mallomonas teilingii* atteint en Europe et aux U.S.A. son maximum au pH de 6 à 9.

En biogéographie, CRONBERG G. (p. 191-232) donne des cartes de répartition des Chrysophycées à écailles dans les régions tropicales. Elle décrit deux sp. nov. de *Mallomonas* et une de *Synura*. 67 figures d'écailles en M.E. illustrent ce travail. HICKEL B. & MAASS J. (p. 233-257) établissent une liste des Chrysophycées à écailles des lacs du Holstein, illustrée de 60 figures d'écailles en M.E. (51 taxons). CAMBRA J. (p. 259-267) signale la présence de *Sphaeridiothrix compressa* et de *Phaeothamniom articulatum* en Espagne et donne la liste des algues qui croissent dans le biotope. Enfin WUJEK D.E. & IGOE M.J. (p. 269-280) don-

nent leur 7ème étude sur les Chrysophycées du Michigan (U.S.A.) avec 47 taxons et d'excellentes figures.

Nous espérons que cette brève analyse montrera le grand intérêt de ce volume sur un sujet difficile et mal connu.

P. Bourrelly

ANNONCE

Le 3ème et dernier volume de l' *Atlas du phytoplancton marin* publié par les Presses du C.N.R.S. sous la direction de A. Sournia vient de paraître.

Rappelons les caractéristiques de cette série. Le niveau taxinomique supérieur est celui des Classes, qui sont décrites, illustrées puis subdivisées en Ordres et Familles. L'horizon principal est celui du Genre (500 au total) dont on donne pour chacun: référence originelle, étymologie, typification, synonymie, bibliographie, diagnose, affinités avec les genres voisins et écologie. L'Atlas n'est pas un manuel d'identification des quelque 6000 espèces mondiales mais il indique, à propos de chaque genre, le nombre des espèces et les critères morphologiques qui servent à les distinguer entre elles. Chaque genre est illustré de dessins et de microphotographies optiques et électroniques. Des clés d'identification permettent l'accès aux divers niveaux taxinomiques. Les volumes 1 et 2 possèdent chacun leur index et le volume 3 présente un index récapitulatif général.

Volume 1 (1986) par A. Sournia: "Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées, Raphidophycées", 219p. incl. 46 pl. ISBN: 2-222-03823-5. Prix: 210 FF.

Volume 2 (1987) par M. Ricard: "Diatomophycées", 297p. incl. 70 pl. ISBN: 2-222- 03987-8. Prix: 210 FF.

Volume 3 (1990) par M.-J. Chrétiennot-Dinet (avec la collaboration de Ch. Billard et A. Sournia): "Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglénophycées, Eustigmatophyceae, Prasinophycées, Prymnésiophycées, Rhodophycées, Tribophycées", 261p. incl. 49pl. ISBN: 2-222-04325-5. Prix: 250 FF.

Commandes: chez les libraires ou auprès des Presses du C.N.R.S.: 20-22, rue Saint-Amand, 75015 Paris. **Vente directe sur place:** Librairie du C.N.R.S.: 295, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.



Commission paritaire 16-1-1986 - N° 60590
Dépôt légal n° 15169 - Imprimerie de Montligeon
Sortie des presses le 20 août 1990
Imprimé en France
Éditeur : A.D.A.C. (Association des Amis des Cryptogames)
Président : A. Couté; Secrétaire : D. Lamy
Trésorier : R. Baudoin; Directeur de la publication . H. Causse